



ISSN: 1646-9895

Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información

D e z e m b r o 1 8 • D i c i e m b r e 1 8



©AISTI 2018 <http://www.aisti.eu>

Nº 30

Edição / Edición

Nº 30, 12/2018

Tiragem / Tirage: 1000

Preço por número / Precio por número: 17,5€

Subscrição anual / Suscripción anual: 30€ (2 números)

ISSN: 1646-9895

Depósito legal:

Indexação / Indexación

Academic Journals Database, CiteFactor, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, GALE, IndexCopernicus, Index of Information Systems Journals, ISI Web of Knowledge, Latindex, ProQuest, QUALIS, SciELO, SCImago, Scopus, SIS, Ulrich's.

Propriedade e Publicação / Propriedad y Publicación

AISTI – Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação

Rua Quinta do Roseiral 76, 4435-209 Rio Tinto, Portugal

E-mail: aistic@gmail.com

Web: <http://www.risti.xyz>

Director

Álvaro Rocha, Universidade de Coimbra

Coordenadores da Edição / Coordinadores de la Edición

António Abreu, ISCAP, Politécnico do Porto

João Vidal de Carvalho, ISCAP, Politécnico do Porto

Álvaro Rocha, Universidade de Coimbra

Conselho Editorial / Consejo Editorial

Carlos Ferrás Sexto, Universidad de Santiago de Compostela

Gonçalo Paiva Dias, Universidade de Aveiro

Jose Antonio Calvo-Manzano Villalón, Universidad Politécnica de Madrid

Luís Paulo Reis, Universidade do Minho

Manuel Pérez Cota, Universidad de Vigo

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

Conselho Científico / Consejo Científico

Adolfo Lozano-Tello, Universidad de Extremadura, ES

Adrián Hiebra Pardo, Universidad de Santiago de Compostela, ES

Alberto Fernández, Universidad Rey Juan Carlos, ES

Alberto Bugarín, Universidad de Santiago de Compostela, ES

Alejandro Medina, Universidad Politécnica de Chiapas, MX

Alejandro Rodríguez González, Universidad Politécnica de Madrid, ES

Alejandro Peña, Escuela de Ingeniería de Antioquia, CO

Alexandre L'Erario, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, BR

Ana Azevedo, Instituto Politécnico do Porto, PT

Ana Cristina Ramada Paiva, FEUP, Universidade do Porto, PT

Ana Isabel Veloso, Universidade de Aveiro, PT

Ana Maria Correia, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT

Ana Paula Afonso, Instituto Politécnico do Porto, PT

Anabela Mesquita, Instituto Politécnico do Porto, PT

Angelica Caro, Universidad del Bío-Bío, CL

Antoni Lluís Mesquida, UIB, España

António Coelho, FEUP, Universidade do Porto, PT

António Godinho, ISLA-Gaia, PT
Antonio Jesus Garcia Loureiro, Universidad de Santiago de Compostela, ES
António Pereira, Instituto Politécnico de Leiria, PT
Armando Mendes, Universidade dos Açores, PT
Arnaldo Martins, Universidade de Aveiro, PT
Arturo J. Méndez, Universidad de Vigo, ES
Baltasar García Pérez-Schofield, Universidad de Vigo, ES
Bell Manrique, Universidad de Medellín, Colombia
Benjamim Fonseca, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Bráulio Alturas, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Brenda L. Flores-Rios, Universidad Autónoma de Baja California, MX
Brígida Mónica Faria, ESTSP, Instituto Politécnico do Porto, PT
Carlos Costa, Universidade de Aveiro, PT
Carlos Carreto, Instituto Politécnico da Guarda, PT
Carlos Morais, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Carlos Mario Zapata, Universidad Nacional de Colombia, Colombia
Carlos Pon Soto, Universidad Católica del Norte, Chile
Carlos Vaz de Carvalho, Instituto Politécnico do Porto, PT
Ciro Martins, Universidade de Aveiro, PT
Daniel Castro Silva, Universidade de Coimbra, PT
Daniel Polónia, Universidade de Aveiro, PT
Daniel Riesco, Universidad Nacional de San Luis, AR
David Fonseca, Universitat Ramon Llull, ES
David Ramos Valcarcel, Universidad de Vigo, ES
Dora Simões, Universidade de Aveiro, PT
Eduardo Sánchez Vila, Universidad de Santiago de Compostela, ES
Emiliano Reynares, CIDISI - UTN FRSF - CONICET, AR
Enric Mor, Universitat Oberta de Catalunya, ES
Eusébio Ferreira da Costa, Escola Superior de Tecnologias de Fafe, PT
Fábio Magalhães, Universidade Nove de Julho, BR
Feliz Gouveia, Universidade Fernando Pessoa, PT
Fernando Bandeira, Universidade Fernando Pessoa, PT
Fernando Moreira, Universidade Portucalense, PT
Francisco Restivo, Universidade Católica Portuguesa, PT

Frederico Branco, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Gerardo Gonzalez Filgueira, Universidad da Coruña, ES
Germano Montejano, Universidad Nacional de San Luis, AR
Guilhermina Lobato Miranda, Universidade de Lisboa, PT
Hélder Zagalo, Universidade de Aveiro, PT
Hélia Guerra, Universidade dos Açores, PT
Henrique Gil, Instituto Politécnico de Castelo Branco, PT
Henrique Santos, Universidade do Minho, PT
Higino Ramos, Universidad de Salamanca, ES
Hugo Paredes, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Isabel Pedrosa, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Isaura Ribeiro, Universidade dos Açores, PT
Isidro Calvo, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), ES
Ismael Etxeberria-Agiriano, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), ES
Ivan Garcia, Universidad Tecnológica de la Mixteca, MX
Javier Garcia Tobio, CESGA-Centro de Supercomputacion de Galicia, ES
Jezreel Mejia, Centro de Investigación en Matemática (CIMAT), MX
João Pascual Faria, FEUP, Universidade do Porto, PT
João Paulo Costa, Universidade de Coimbra, PT
João Tavares, FEUP, Universidade do Porto, PT
Joaquim José Gonçalves, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT
Joaquim Madeira, Universidade de Aveiro, PT
Joaquim Reis, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Jörg Thomaschewski, University of Applied Sciences OOW - Emden, DE
Jorge Dias Villegas, Universidad de la Frontera, CL
Jose Alfonso Aguilar, Universidad Autonoma de Sinaloa, MX
José Augusto Fabri, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, BR
José Braga de Vasconcelos, Universidade Atlântica, PT
José Cascalho, Universidade dos Açores, PT
José Felipe Cocón Juárez, Universidad Autónoma del Carmen, MX
José Gallardo, Universidad Católica del Norte, Chile
Jose J. Pazos-Arias, Universidad de Vigo, ES
José Luís Silva, Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), PT
José Paulo Lousado, Instituto Politécnico de Viseu, PT

José Luis Pestrana Brincones, Universidad de Málaga
José Luís Reis, ISMAI - Instituto Superior da Maia, PT
Jose M Molina, Universidad Carlos III de Madrid, ES
Jose Maria Zavala Perez, Eticas Research & Consulting, ES
José Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Jose Maria de Fuentes, Universidad Carlos III de Madrid, ES
Jose R. R. Viqueira, Universidade de Santiago de Compostela, ES
José Silvestre Silva, Academia Militar, PT
Josep M. Marco-Simó, Universitat Oberta de Catalunya, ES
Juan D'Amato, PLADEMA-UNCPBA-CONICET, AR
Juan M. Santos Gago, Universidad de Vigo, ES
Juan Manuel Fernández-Luna, Universidad de Granada, ES
Juan-Manuel Lopez-Zafra, Universidad Complutense de Madrid, ES
León Jaramillo, Tecnológico de Antioquia, Colombia
Leonardo Bermon, Universidad Nacional de Colombia, CO
Leila Weitzel, Universidade Federal Fluminense, BR
Lilia Muñoz, Universidad Tecnológica de Panamá, PA
Lorena Cardona, Universidad de Medellín, Colombia
Luis Alvarez Sabucedo, Universidad de Vigo, ES
Luís Bruno, Instituto Politécnico de Beja, PT
Luis de Campos, Universidad de Granada, ES
Luis Fernandez-Sanz, Universidad de Alcalá, ES
Luís Ferreira, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT
Luis Vilán-Crespo, Universidad de Vigo, ES
Luisa María Romero-Moreno, Universidad de Sevilla, ES
Luisa Miranda, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Lus Sussy Bayona Ore, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, PE
Magdalena Arcilla Cobián, Universidade Nacional de Educación a Distancia, ES
Manuel Jose Fernandez Iglesias, Universidad de Vigo, ES
Marco Painho, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Maria Hallo, Escuela Politécnica Nacional, EC
María J. Lado, Universidad de Vigo, ES
Maria João Castro, Instituto Politécnico do Porto, PT
Maria João Ferreira, Universidade Portucalense, PT

Maria João Gomes, Universidade do Minho, PT
 Maria José Angélico, Instituto Politécnico do Porto, PT
 Maria José Marcelino, Universidade de Coimbra, PT
 Maria José Sousa, Universidade Europeia, PT
 Marisol B. Correia, Universidade do Algarve, PT
 Maristela Holanda, Universidade de Brasília, BR
 Martín Llamas Nistal, Universidad de Vigo, ES
 Matías García Rivera, Universidad de Vigo, ES
 Mercedes Ruiz, Universidad de Cádiz, ES
 Miguel A. Brito, Universidade do Minho, PT
 Miguel Bugalho, Universidade Europeia, PT
 Miguel Casquilho, IST, Universidade de Lisboa, PT
 Miguel Hidalgo, INACOL, Mexico
 Mirna Ariadna Muñoz Mata, Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), MX
 Mirna Muñoz, Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), México
 Nelson Rocha, Universidade de Aveiro, PT
 Nuno Lau, Universidade de Aveiro, PT
 Nuno Ribeiro, Universidade Fernando Pessoa, PT
 Oscar Mealha, Universidade de Aveiro, PT
 Paula Peres, Instituto Politécnico do Porto
 Paula Prata, Universidade da Beira Interior, PT
 Paulo Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
 Paulo Pinto, FCT, Universidade Nova de Lisboa, PT
 Pedro Abreu, Universidade de Coimbra, PT
 Pedro Miguel Moreira, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, PT
 Pedro Nogueira Ramos, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
 Pedro Sánchez Palma, Universidad Politécnica de Cartagena, ES
 Pedro Sanz Angulo, Universidad de Valladolid, ES
 Pilar Mareca Lopez, Universidad Politécnica de Madrid, ES
 Raul Laureano, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
 Reinaldo Bianchi, Centro Universitário da FEI, BR
 Rita Santos, Universidade de Aveiro, PT
 Rodolfo Miranda Barros, Universidade Estadual de Londrina, BR
 Rogério Eduardo Garcia, Universidade Estadual Paulista, BR

Rubén González Crespo, Universidad Internacional de La Rioja, ES
Rui Cruz, IST, Universidade de Lisboa, PT
Rui José, Universidade do Minho, PT
Rui Pedro Marques, Universidade de Aveiro, PT
Santiago Gonzales Sánchez, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, PE
Sergio Gálvez Rojas, Universidad de Málaga, ES
Sérgio Guerreiro, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, PT
Silvia Fernandes, Universidade do Algarve, PT
Solange N Alves de Souza, Universidade de São Paulo, BR
Tomás San Feliu, Universidad Politécnica de Madrid, España
Tomás San Feliu Gilabert, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Valéria Farinazzo Martins, Universidade Presbiteriana Mackenzie, BR
Victor Hugo Medina Garcia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, CO
Vitor Carvalho, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT
Vitor Santos, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Wagner Tanaka Botelho, Universidade Federal do ABC, BR
Xose A. Vila, Universidad de Vigo, ES

Novos desafios dos Sistemas de Informação no contexto atual das organizações

New challenges of Information Systems in the current context of organizations

António Abreu¹, João Vidal Carvalho¹, Álvaro Rocha²

aabreu@iscap.ipp.pt, cajvidal@iscap.ipp.pt, amrocha@dei.uc.pt

¹ Politécnico do Porto/ISCAP/CEOS.PP, Rua Jaime Lopes Amorim, s/n, 4465-004 S. Mamede de Infesta, Portugal.

² Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Informática, Pólo II - Pinhal de Marrocos, 3030-290 Coimbra, Portugal.

DOI: 10.17013/risti.30.0

1. Introdução

A Informação assume hoje em dia, uma importância crescente, sendo uma porta aberta para o futuro. Ela torna-se fundamental para as organizações, na conceção e adoção de novas tecnologias, na exploração das oportunidades de investimento e ainda na planificação de toda a atividade organizacional.

A inovação nos Sistemas de Informação (SI), surge como um domínio estratégico de investigação para suportar as organizações através de todo o processo de desenvolvimento e crescimento, e como resposta aos novos desafios associados ao contexto atual de extrema competitividade. A adoção de metodologias e aplicações inovadoras nos SI, devem naturalmente, começar através de um processo criativo de identificação de oportunidades e necessidades da sociedade, prosseguindo para o seu desenvolvimento e implementação, até desencadear na criação de valor e consequentemente na melhoria da eficácia, eficiência e desempenho das organizações.

Neste contexto, os SI assumem um papel determinante, sendo hoje reconhecidos pela sociedade, nomeadamente a comunidade científica e as organizações, como um instrumento basilar para a concretização da aquisição e transferência de conhecimento e, concomitantemente, para a modernização, reforma e transformação dos processos organizacionais.

Assim, o número trinta da RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) debruça-se sobre um conjunto diversificado de metodologias e aplicações inovadoras em Sistemas e Tecnologias de Informação, que vão desde a análise, recolha e disponibilização de dados, passando por novas metodologias e estratégias na educação baseadas em novos recursos educativos emergentes, até às aplicações web.

O conjunto de oito artigos publicados neste número da RISTI resultou de um escrutínio efetuado pelos membros da comissão científica sobre os cinquenta e cinco trabalhos apresentados pelos autores, oriundos quinze do Brasil, oito de Espanha, sete de Portugal, sete do Equador, cinco da Colômbia, cinco da Argentina, três do Peru, três do México, um de Cuba e um da República Dominicana, correspondendo a uma taxa de aceitação de 14,5%.

2. Estrutura

Estando a revista empenhada em proporcionar aos seus leitores, uma forma ágil e prática na leitura desta edição, considerou-se ser pertinente apresentar em primeiro lugar, as contribuições que exibem metodologias inovadoras no ensino aprendizagem, na adoção de medidas formais, informais e técnicas de segurança da informação em ambiente institucional e na resposta dos SI que emergem dos constantes desafios dos novos sistemas ciber-físicos. Finalmente, os últimos artigos, embora se apresentem como altamente inovadores, são de âmbito mais genérico. Assim:

No primeiro artigo, os autores descrevem um estudo que apresenta os efeitos da metodologia de aprendizagem móvel (modalidade de e-Learning), em que a aprendizagem ocorre através de dispositivos eletrónicos móveis, no ensino universitário a partir da revisão da literatura científica nas bases de dados Web of Science e Scopus.

O segundo artigo expõe uma investigação que teve como objetivo identificar o tipo de pressões que influenciam a adoção de medidas formais, informais e técnicas de Segurança da Informação em universidades públicas brasileiras, quando têm o desafio de divulgar conhecimento, protegendo informações de pesquisa e dados privados. A investigação, para além de uma exaustiva revisão bibliográfica, teve como amostra um conjunto de gestores e profissionais de Segurança da Informação das universidades. Analisados os dados, os autores concluíram que a adoção de medidas técnicas e informais é influenciada principalmente por pressões normativas, enquanto medidas formais são adotadas devido a pressões coercitivas.

No terceiro artigo, é descrito o desenvolvimento de um modelo de interoperabilidade semântica para a simulação de toda a gestão da rede logística, nas suas diversas fases de distribuição. A simulação de toda a gestão da rede logística tem a grande vantagem de preservar a independência dos membros da cadeia, sendo capaz de reutilizar os simuladores existentes. O artigo apresenta uma ferramenta conceptual, baseada numa rede de ontologias, que suporta as tarefas de modelação e composição da simulação de toda a gestão da rede logística, nas suas diversas fases de distribuição de forma a garantir a interoperabilidade semântica dos seus membros.

O quarto artigo apresenta um estudo que descreve os novos desafios associados aos SI, que emergem dos novos sistemas ciber-físicos, que combinam ambiente físico com digital, aos modelos de negócio e serviços das organizações. As empresas devem organizar

o seu portefólio de SI de modo a conceber processos inteligentes que respondam rápida e criativamente aos novos desafios de trabalho e mercado. Segundo os seus autores, uma arquitetura aberta, ágil, ativa e permeável ao contexto será muito útil.

O quinto artigo descreve um mecanismo de controlo para evitar congestionamento na transferência de informação numa rede de dados, sempre que se pretenda enviar por múltiplos pontos distintos, múltiplos destinatários, ao mesmo tempo em redes TCP/IP, utilizando um endereço multicanal. O principal objetivo do algoritmo proposto, é evitar a perda de pacotes de informação, mantendo um equilíbrio na taxa de envio dos emissores. Além disso, o algoritmo analisa constantemente o estado de saturação dos nós do comutador e do recetor, considerando a tecnologia de armazenamento utilizada.

No sexto artigo, os autores apresentam o desenvolvimento de um sistema de recolha e disponibilização de dados sobre potenciais danos nas infraestruturas rodoviárias do Brasil. Esse trabalho, propõe um sistema capaz de realizar a recolha de dados de possíveis buracos e disponibilizá-los numa aplicação web, utilizando um sistema inteligente, um módulo eletrónico no automóvel, e outro alojado na nuvem. O sistema é composto por placas, sensores e aplicações que recolhem dados de possíveis buracos, armazenam os dados localmente e posteriormente, enviam esses dados para uma web service RESTful localizado na nuvem.

O sétimo artigo resultou de uma investigação que teve por objetivo testar a usabilidade de uma ferramenta web para investigação operacional. Os avanços nas TIC promoveram o uso de ferramentas de software como meio de apoio e complemento em sala de aula. Este trabalho, introduz por um lado, uma ferramenta web multiplataforma intuitiva que permite resolver problemas de programação linear, e que pode ser utilizada pelos alunos e, por outro, realiza um estudo de usabilidade da ferramenta para identificar itens positivos e pontos de melhoria.

O último artigo apresenta um trabalho de investigação com recurso à utilização do Facebook no contexto da doação de sangue. O espaço de relacionamento do Facebook vem redefinindo a participação social, adquirindo poder junto da população nas diversas causas sociais, incluindo a doação de sangue. Esta investigação analisou a capacidade de mobilização do Facebook e do seu potencial envolvimento social, identificando os recursos de governança e a prática da equidade social, por meio dos dados obtidos na Fanpage do centro de hematologia público do Estado do Ceará - Brasil.

3. Agradecimentos

Termina-se esta introdução, expressando o nosso agradecimento a todos os autores e revisores envolvidos nesta edição, esperando que este número da RISTI se revele uma leitura profícua para todos os que se mobilizam em torno da problemática dos Sistemas e Tecnologias de Informação. Um agradecimento especial à AISTI, proprietária e promotora da RISTI, à Academic Journals Database, CiteFactor, Compendex, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, GALE, IndexCopernicus, Index of Information Systems Journals, ISI Web of Knowledge, Latindex, ProQuest, QUALIS, SciELO, SCImago e Scopus, entidades que têm contribuído para tornar a RISTI uma referência neste competitivo mercado das revistas científicas.

Índice / Index

EDITORIAL

Novos desafios dos Sistemas de Informação no contexto atual das organizações.....ix

António Abreu, João Vidal Carvalho, Álvaro Rocha

ARTIGOS / ARTICULOS / ARTICLES

Efecto de la metodología mobile learning en la enseñanza universitaria:
meta-análisis de las investigaciones publicadas en WOS y Scopus 1

Inmaculada Aznar Díaz, María Pilar Cáceres Reche, José María Romero Rodríguez

A Adopção de Medidas Formais, Informais e Técnicas de Segurança
da Informação e sua Relação com as Pressões do Ambiente Institucional 17

*Antonio Eduardo de Albuquerque Junior, Ernani Marques dos Santos,
Rodrigo César Reis de Oliveira, Adriano Santos Rocha Silva, Laercio Moura de Almeida*

SCFHLLA: Un Modelo de Interoperabilidad Semántica para
Simulación Distribuida de Cadenas de Suministro 34

Juan Leonardo Sarli, Horacio Leone, Milagros Gutierrez

Novos desafios em SI: A crescente importância dos processos ciber-físicos 51

Silvia Fernandes

Mecanismo de control de congestión para
transferencias de datos en Multicast múltiple..... 62

*Raúl H. Palacios , María Balseca, Víctor Gallo,
Nilo Andrade, Juan-Carlos Pisco, Fabricio Marcillo*

Sistema para Coleta e Disponibilização de
Dados de Potenciais Buracos em Rodovias78

Jefferson Kamigashima, Leonardo Rauta

Abordando el Análisis de Usabilidad de Tanziflex,
una Herramienta Web para Investigación Operativa.....91

Mariana Falco, Ignacio Núñez, Federico Tanzi, Lourdes Perea Muñoz

Redes Sociais e Promoção da Saúde:
Utilização do Facebook no Contexto da Doação de Sangue 107

*Joélia Rodrigues da Silva, Christina César Praça Brasil,
Raimunda Magalhães da Silva, Aline Veras Moraes Brilhante, Luciana Maria de
Barros Carlos, Indara Cavalcante Bezerra, Jose Eurico de Vasconcelos Filho*

Efecto de la metodología mobile learning en la enseñanza universitaria: meta-análisis de las investigaciones publicadas en WOS y Scopus

Inmaculada Aznar Díaz¹, María Pilar Cáceres Reche¹, José María Romero Rodríguez¹

iaznar@ugr.es, caceres@ugr.es, romejo@ugr.es

¹ Universidad de Granada, Facultad de Ciencias de la Educación, Campus Universitario de Cartuja s/n, 18071, Granada, España.

DOI: 10.17013/risti.30.1-16

Resumen: La implementación de dispositivos móviles en la enseñanza universitaria es una realidad que precisa poner el foco de atención en el efecto que están teniendo en el aprendizaje. Este trabajo tiene por objetivo analizar el efecto de la metodología mobile learning en la enseñanza universitaria a partir de la revisión de la literatura científica en las bases de datos Web of Science y Scopus. Se ha seguido una estrategia metodológica de revisión sistemática con meta-análisis tomando como base una población de 9.686 artículos. De la muestra resultante ($n = 22$) se han analizado 5 variables sustantivas y metodológicas. Entre los resultados, resalta la variabilidad en los ámbitos de enseñanza donde se implementan los dispositivos móviles. Asimismo, se constata que el mobile learning produce efectos estadísticamente significativos en el aprendizaje. Todo ello nos lleva a replantearnos cuál es el papel actual de las tecnologías móviles emergentes en la enseñanza universitaria.

Palabras-clave: mobile learning; dispositivos móviles; educación superior; revisión sistemática; meta-análisis.

Effect of the mobile learning methodology in university education: meta-analysis of the research published in WOS and Scopus

Abstract: The implementation of mobile devices in university education is a reality that needs to focus on the effect they are having on learning. The purpose of this paper is to analyze the effect of the mobile learning methodology in university teaching from on the review of the scientific literature in Web of Science and Scopus databases. A methodological strategy of systematic review with meta-analysis has been followed, based on a population of 9,686 scientific articles. From the resulting sample ($n = 22$), 5 substantive and methodological variables were analyzed. Among the results obtained, it is highlighted the variability in the teaching areas where mobile devices are implemented. Likewise, it is noted that mobile learning produces statistically significant effects on learning. All this leads us to rethink what is the current role of emerging mobile technologies in university education.

Keywords: mobile learning; mobile devices; higher education; systematic review; meta-analysis.

1. Introducción

La implementación de los dispositivos móviles en educación superior es un hecho real y tangible. Los datos del Informe *Mobile en España y en el Mundo* del año 2016, alertaban que en 2015 un 98% de los jóvenes de 10 a 14 años disponía de un teléfono de última generación con conexión a Internet (Ditrendia, 2016). Factor que ha ido en aumento en los últimos años en los que España se sitúa como el país del mundo con más *smartphones* por habitante (Europa Press, 2017). En este escenario se sitúa la metodología *mobile learning* o aprendizaje móvil, el cual hace referencia en palabras de Brazuelo y Gallego (2011, p. 17) a “la modalidad educativa que facilita la construcción del conocimiento, la resolución de problemas de aprendizaje y el desarrollo de destrezas o habilidades diversas de forma autónoma y ubicua gracias a la mediación de dispositivos móviles portátiles”. A su vez, el concepto *Bring Your Own Device* (BYOD) (Suárez, Lloret y Mengual, 2016), se alza como un aliado necesario para introducir la metodología *mobile learning*, siendo los estudiantes los que deben hacer uso de su propio dispositivo móvil en el desarrollo de las distintas tareas propuestas por el docente.

Surge así, la necesidad de analizar el efecto de la metodología *mobile learning* en la enseñanza universitaria a partir de la revisión de la literatura científica en Web of Science (WOS) y Scopus, para comprobar en primera instancia el impacto que está teniendo la tecnología móvil en el aprendizaje.

Aludiendo a investigaciones llevadas a cabo sobre la implementación del *mobile learning*, Lagunes, Torres, Angulo y Martínez (2017) constatan el éxito de los dispositivos móviles entre los estudiantes, disponiendo casi la totalidad de uno de ellos. Por otro lado, destacan los trabajos de Suárez, Crescenzi y Grané (2013), sobre el uso del iPad en la enseñanza universitaria, los hallazgos de Nguyen, Barton y Nguyen (2015) en la revisión realizada sobre investigaciones con iPads, Foti y Méndez (2014) acerca del intercambio y colaboración que se produce al utilizar los dispositivos móviles, en la misma línea Yilmaz (2016), Sevillano y Vázquez (2015) y Prasad (2016) que apuntan al desarrollo de competencias digitales, Rius, Masip y Clarisó (2014) y Vázquez (2014), sobre la producción de contenidos digitales en entornos de aprendizaje móvil, Cook y Sonnenberg (2014) y Torres, Infante y Torres (2015) acerca de la incidencia del *mobile learning* en la mejora de los resultados de aprendizaje.

Como principal antecedente se encuentra el meta-análisis de la literatura publicada sobre *mobile learning* entre 2003 y 2010 (Wu *et al.*, 2012a), estableciendo como principal hallazgo que los resultados de las investigaciones son estadísticamente significativos a favor del grupo experimental.

Todos ellos coinciden con el efecto positivo que se produce en el proceso de enseñanza-aprendizaje a partir de la mediación de los dispositivos móviles. En este sentido, algunas voces demandan una estrategia pedagógica para el diseño de nuevos contenidos adaptados a los dispositivos móviles (Márquez y Lautero, 2012; Arias, Contreras, Martín y Melo, 2017). En un contexto donde el consumo de aplicaciones móviles (apps) es habitual y su uso permite el autoaprendizaje (Carvalho y Duarte-Filho, 2018; Aznar, Cáceres y Romero, 2018).

La diversidad de opiniones sobre la implementación de los dispositivos móviles en la enseñanza, tanto a favor como en contra (Cantillo, Roura y Sánchez, 2012), nos instan a

comprobar realmente el efecto del *mobile learning* en la educación superior. Así pues, las apreciaciones acerca del impacto en el aprendizaje de las tecnologías móviles marcarán la tendencia educativa en la sociedad del conocimiento en la que estamos inmersos.

2. Metodología

La estrategia metodológica adoptada se ha centrado en las características propias de una revisión sistemática con meta-análisis (Ferreira, Urrútia y Alonso, 2011), siguiendo los estándares de calidad recogidos en la declaración PRISMA en relación a la inclusión de los ítems pertinentes para asegurar la consistencia interna de la revisión sistemática (Urrútia y Bonfill, 2010). Consecuentemente, la búsqueda se ha realizado en las bases de datos con mayor impacto científico y de reconocido prestigio por la comunidad académica en ciencias sociales:

- WOS: recoge las principales publicaciones científicas de cualquier disciplina del conocimiento desde 1945. Contiene una gran base de datos relativa a las ciencias sociales “Social Sciences Citation Index (SSCI)” y su propio índice de impacto, el JCR.
- Scopus: es la mayor base de datos de resúmenes, permite el acceso a 28 millones de resúmenes desde 1966. Representa al menos el 80% de publicaciones revisadas por expertos y tiene su propio índice de impacto (SJR).

Por otro lado, el establecimiento de las palabras clave responde en primera instancia a su utilización en trabajos de alto impacto debido a su número de citas (Wu *et al.*, 2012a; Gikas y Grant, 2013) y a su indexación en el Tesouro ERIC: “Mobile Learning”, “mLearning”, “Mobile Devices”, “Smartphones”, “Higher Education” y “University”. Sin embargo, para lograr la complementariedad y rigurosidad en la búsqueda se ha incluido el término emergente relacionado con el *mobile learning*: “Bring Your Own Device” (Suárez, Lloret y Mengual, 2016). Finalmente, utilizando los operadores booleanos “OR” y “AND” se formuló la siguiente ecuación de búsqueda aplicada en ambas bases de datos: (“Mobile Learning” OR mLearning OR “Mobile Devices” OR “Bring Your Own Device” OR Smartphones) AND (“Higher Education” OR University).

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
a. Artículos de revista	a. Actas de congresos, capítulos de libro, libros u otro tipo de publicaciones
b. Publicaciones entre enero de 2007 y diciembre de 2017	b. Acceso restringido a la publicación
c. Publicado en abierto y disponible para su consulta	c. El <i>mobile learning</i> no se implementa con fines didácticos
d. Introducción de los dispositivos móviles para la mejora del aprendizaje en educación superior	d. Estudios teóricos o revisiones
e. Estudios empíricos sobre <i>mobile learning</i> con diseño experimental o cuasiexperimental	e. Artículos duplicados
f. Mínimo de un grupo control y otro experimental	

Tabla 1 – Criterios de inclusión y exclusión utilizados en la revisión sistemática

El procedimiento que se ha seguido en el análisis sistemático de la literatura consta de tres fases diferenciadas a partir de la introducción de una serie de criterios de elegibilidad (tabla 1). La primera fase corresponde a la búsqueda inicial donde se ha implementado la ecuación de búsqueda en WOS y Scopus. Posteriormente, en una segunda fase, los resultados se han filtrado de modo general en base a los criterios (a), (b) y (c) de inclusión y (a) y (b) de exclusión. Finalmente, en la tercera fase se ha examinado minuciosamente el título y resumen de los resultados obtenidos con filtros, seleccionando aquellos acordes a los criterios (d), (e) y (f) de inclusión y (c), (d) y (e) de exclusión (figura 1).

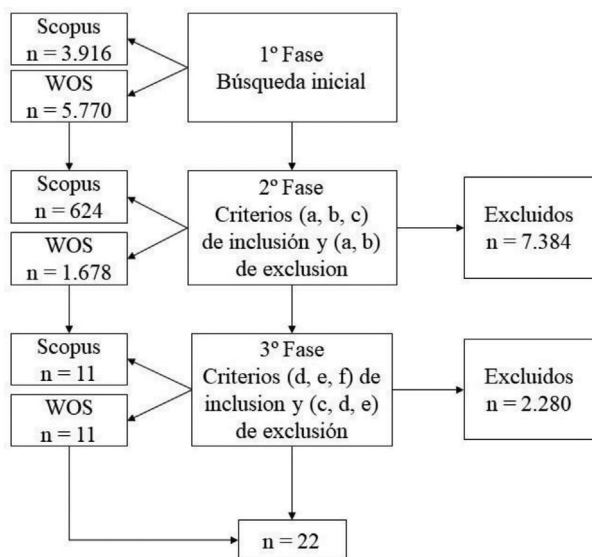


Figura 1 – Diagrama de flujo

Constituida la muestra final ($n = 22$) y atendiendo a trabajos previos de revisión sistemática y/o meta-análisis (Wu *et al.*, 2012a; Mateus, Aran y Masanet, 2017), se han identificado 5 variables de interés para el análisis del efecto del *mobile learning* en la enseñanza universitaria. Las variables objeto de estudio se han dividido según su tipología en sustantivas: (a) muestra objeto de estudio, (b) ámbito de enseñanza, (c) país. Y metodológicas: (d) diseño metodológico, (e) instrumentos de recogida de datos (Sánchez-Meca, 2003).

3. Resultados

El *mobile learning* en educación superior es un tema de estudio incipiente, así se constata en la literatura científica publicada desde el año 1985 en Scopus y 1992 en WOS hasta el primer trimestre de 2018. De modo que organizando los años de publicación en quinquenios (Gutiérrez, Martín, Salmerón, Casasempere y Fernández, 2017), podemos comprobar cómo se reproduce la ley de crecimiento exponencial de la literatura (Price, 1986). Este autor especifica que pasados 10 años la producción científica tiende a duplicarse y se distribuye en diferentes etapas: precursores (fase inicial de la literatura),

crecimiento exponencial (auge en la producción) y crecimiento lineal (consolidación de la temática). En Scopus esta premisa se cumple observando que desde el segundo quinquenio la producción científica se duplica. También se diferencian claramente dos etapas de crecimiento de acuerdo a la ley de Price, desde 1985 hasta 2004 se encontraría la etapa de precursores mientras que desde el año 2005 hasta 2018 la literatura científica sigue una fase de crecimiento exponencial, por lo que se encontraría actualmente en pleno auge y expansión (figura 2).

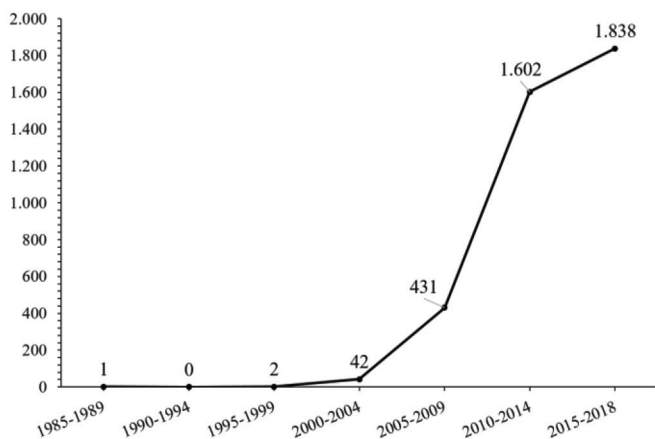


Figura 2 – Producción científica organizada en quinquenios en Scopus

En WOS ocurre algo similar (figura 3), la producción se sigue duplicando pero desde el primer quinquenio, pudiendo influir que el inicio de la producción científica sobre

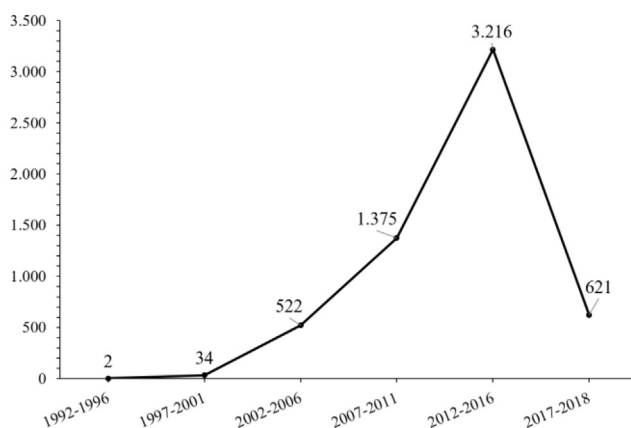


Figura 3 – Producción científica organizada en quinquenios en WOS

mobile learning en educación superior es más tardío. Además de acuerdo a la ley de Price (1986) quedan expuestas las mismas etapas que en Scopus: etapa de precursores (1992-2001) y etapa de crecimiento exponencial (2002-2018). Aunque 2017-2018 no se recogen en un quinquenio la literatura se encuentra en niveles similares de crecimiento, siguiendo la tendencia en el número de documentos de 2017 y el primer trimestre de 2018 respecto a los años anteriores. Tanto en Scopus como en WOS la producción científica sobre *mobile learning* se sitúa en su momento cumbre de desarrollo.

3.1. Variables sustantivas

La muestra objeto de estudio ha estado compuesta en todas las investigaciones por estudiantes universitarios, variando en su tamaño en función del estudio (tabla 2). El máximo ha sido de 550 y el mínimo de 30 estudiantes, en suma, la media se sitúa en 117. Respecto al ámbito de enseñanza destacan las aplicaciones de la metodología *mobile learning* en medicina (5 estudios que representan el 22% del total), seguida de 4 investigaciones en la enseñanza de idiomas (18%) y otras 4 en informática (18%). Por otro lado, con 2 estudios se encuentra el ámbito de especialización de educación física (9%) y administración y finanzas (9%), el resto (matemáticas, biología, ingeniería, psicología, sociología y química) solo presentan un estudio en este campo, simbolizando cada uno el 4% (figura 4).

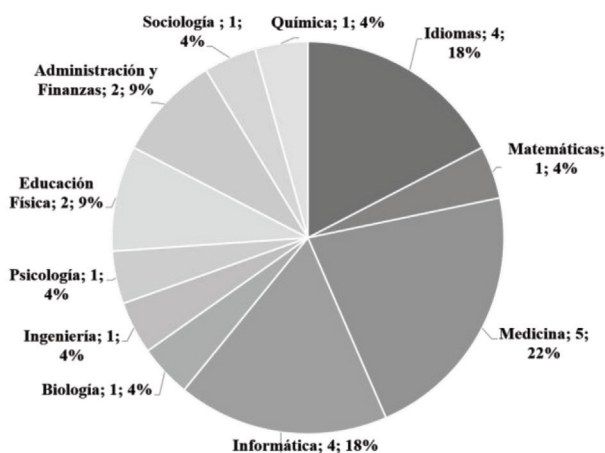


Figura 4 – Ámbito de especialización de los artículos

En relación al país donde se han desarrollado los diferentes estudios (figura 5), España y Taiwán se encuentran entre aquellos con más referencias, presentando 4 investigaciones sobre *mobile learning* en educación superior (18% cada uno). En tercera posición se sitúa Estados Unidos con 3 (14%), seguido de Noruega (9%), China (9%) y Reino Unido (9%) con 2 estudios. Por último, se adscribe una investigación en Jordania (4,6%), Turquía (4,6%), Georgia (4,6%), Polonia (4,6%) y México (4,6%).

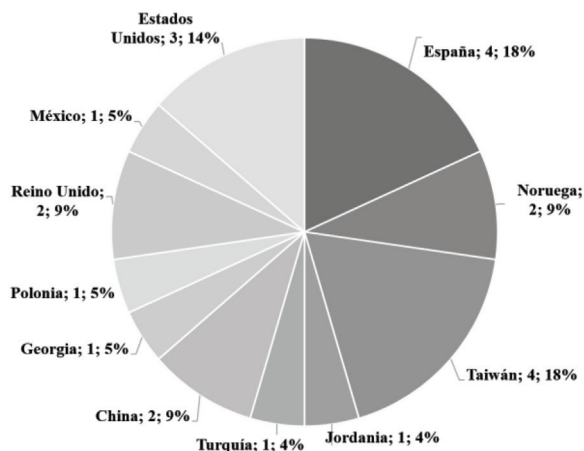


Figura 5 – Países de adscripción de los artículos

3.2. Variables metodológicas

El análisis de las variables metodológicas recoge que el 100% de los estudios sigue una metodología de corte cuantitativo, como diseño metodológico mayoritario se sitúa el diseño cuasiexperimental con un grupo control (GC) y un grupo experimental (GE) y medidas pretest (antes de la aplicación del tratamiento) y posttest (después de la aplicación del tratamiento) (54,5%), recogido en 12 investigaciones, el segundo diseño más empleado se utiliza en 3 estudios: cuasiexperimental con un grupo control y otro experimental y solo posttest (14%), mientras que en 2 trabajos se aplica un diseño experimental con un grupo control y otro grupo experimental y solo posttest (9%). El resto de investigaciones implementan variabilidades en torno al número de grupos y las medidas pre y posttest: diseño cuasiexperimental con dos grupos control y uno experimental con pretest y posttest (4,5%); cuasiexperimental con cuatro grupos control y dos experimentales, pretest y posttest (4,5%); experimental con un grupo control y otro experimental y medidas pretest y posttest (4,5%); cuasiexperimental con dos grupos control y dos grupos experimentales, pretest y posttest (4,5%) y; cuasiexperimental con un grupo control y dos grupos experimentales, pretest y posttest (4,5%).

En cuanto a los instrumentos de recogida de datos (figura 6) se emplean 3 principalmente, entre los que destaca el cuestionario, utilizado en 15 estudios (68%). El test es otro de los instrumentos con mayor uso en las investigaciones sobre *mobile learning*, con 6 trabajos que lo utilizan para comprobar el efecto del tratamiento (27%), por otro lado solo un estudio recoge la rúbrica como instrumento para la recogida de información (5%).

A modo de resumen, la tabla 2 ejemplifica las variables sustantivas y metodológicas relacionadas con cada uno de los estudios analizados.

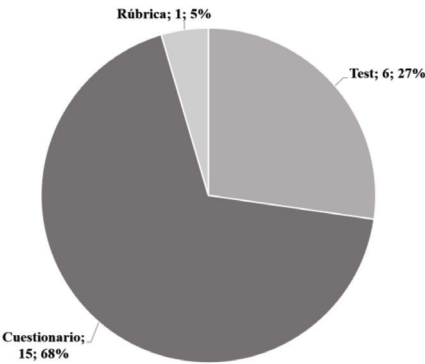


Figura 6 – Instrumentos de recogida de datos

Estudio	Muestra	Ámbito	País	Diseño metodológico	Instrumento
McConatha, Praul y Lynch (2008)	n = 112	Sociología	EEUU	Cuasiexperimental GC y GE posttest	Test
Marcos, Tamez y Lozano (2009)	n = 80	Administración y finanzas	México	Cuasiexperimental GC y GE pre y posttest	Rúbrica
Shen et al. (2009)	n = 550	Informática	China	Cuasiexperimental GC y GE pre y posttest	Cuestionario
De Marcos et al. (2010)	n = 56	Medicina	España	Cuasiexperimental GC y GE posttest	Cuestionario
Saran, Seferoğlu y Çağiltay (2012)	n = 103	Idiomas	Turquía	Cuasiexperimental 4 GC y 2 GE pre y posttest	Test
Yu-Feng et al. (2012)	n = 40	Informática	Taiwán	Cuasiexperimental GC y GE pre y posttest	Cuestionario
Wu et al. (2012b)	n = 46	Medicina	Taiwán	Cuasiexperimental GC y GE pre y posttest	Cuestionario
Bruce et al. (2013)	n = 55	Educación Física/ Medicina	Reino Unido	Cuasiexperimental 2 GC y 2 GE pre y posttest	Cuestionario
Gasaymeh y Aldalalah (2013)	n = 52	Informática	Jordania	Cuasiexperimental GC y GE pre y posttest	Cuestionario
Martin y Ertzberger (2013)	n = 109	Informática	EEUU	Cuasiexperimental GC y 2 GE pre y posttest	Cuestionario
Powell y Mason (2013)	n = 132	Química	EEUU	Cuasiexperimental GC y GE posttest	Test
Björkli (2014)	n = 293	Matemáticas	Noruega	Cuasiexperimental 2 GC y GE pre y posttest	Test
Briz et al. (2016)	n = 30	Medicina	España	Cuasiexperimental GC y GE pre y posttest	Cuestionario
Diliberto y Hughes (2016)	n = 54	Psicología	Georgia	Experimental GC y GE pre y posttest	Cuestionario
Fernández et al. (2016)	n = 49	Medicina	España	Experimental GC y GE posttest	Cuestionario

<i>Ping-Han et al. (2016)</i>	n = 32	Ingeniería	Taiwán	Cuasiexperimental GC y GE pre y postest	Cuestionario
<i>Wilkinson y Barter (2016)</i>	n = 251	Educación Física	Reino Unido	Cuasiexperimental GC y GE postest	Cuestionario
<i>Andújar y Cruz (2017)</i>	n = 80	Idiomas	España	Cuasiexperimental GC y GE pre y postest	Test
<i>Chang, Shih y Chang (2017)</i>	n = 137	Idiomas	Taiwán	Cuasiexperimental GC y GE pre y postest	Cuestionario
<i>Jeno, Grytnes y Vandvik (2017)</i>	n = 71	Biología	Noruega	Experimental GC Y GE postest	Cuestionario
<i>Wardaszko y Podgórski (2017)</i>	n = 158	Administración y finanzas	Polonia	Cuasiexperimental GC y GE pre y postest	Cuestionario
<i>Yang (2017)</i>	n = 101	Idiomas	China	Experimental GC y GE pre y postest	Test

Tabla 2 – Tabla resumen de las variables sustantivas y metodológicas analizadas

3.3. Meta-análisis

La aplicación del meta-análisis en los datos ha permitido obtener el tamaño del efecto (TE) global de las investigaciones, para ello se ha utilizado el programa Review Manager, en su versión 5.3. Cabe resaltar que no se han podido incluir las investigaciones de Shen *et al.* (2009) y Marcos, Tamez y Lozano (2009) por falta de datos para su realización. En los estudios con diversos grupos control y/o experimentales se han incluido todos ellos.

Si nos fijamos en el diagrama de bosque (figura 7), la mayoría de las investigaciones tienen un efecto positivo, situándose a la derecha de la línea central (línea de no efecto). Al igual, este hecho se confirma en la figura del diamante que se encuentra en el extremo a favor del grupo experimental, indicando que la diferencia entre grupos es estadísticamente significativa. Por lo que en el conjunto de los estudios analizados el *mobile learning* mejora el aprendizaje de los estudiantes asignados al GE.

Por otro lado, el valor del TE obtenido ($p < .00001$) confirma que los datos son estadísticamente significativos. En concreto son los trabajos de Andújar y Cruz (2017), Bjørkli (2014), Briz *et al.* (2016), Bruce *et al.* (2013), Chang, Shih y Chang (2017), Diliberto y Hughes (2016), Fernández *et al.* (2016), Gasaymeh y Aldalalah (2013), Jeno, Grytnes y Vandvik (2017), McConatha, Praul y Lynch (2008), Ping-Han *et al.* (2016), Wardaszko y Podgórski (2017), Wilkinson y Barter (2016), Wu *et al.* (2012b), Yang (2017) y Yu-Feng *et al.* (2012), los que obtienen un efecto positivo a favor del GE. Entre los que rozan la línea de no efecto se sitúan De Marcos *et al.* (2010), Powell y Mason (2013) y Saran, Seferoğlu y Çağıltay (2012). Y por último, a favor del GC solo se encuentra el estudio de Martin y Ertzberger (2013).

Con el fin de confirmar la veracidad de los datos se realizó complementariamente un gráfico de embudo (figura 8) para comprobar que no existiera un sesgo en las publicaciones, puesto que a priori podríamos encontrarnos con una mayoría de efectos positivos a favor del GE debido a que los estudios con efecto negativo no hubiesen sido publicados. En este caso la distribución homogénea de cada una de las publicaciones a ambos lados de la línea corrobora que no existe sesgo en las publicaciones.

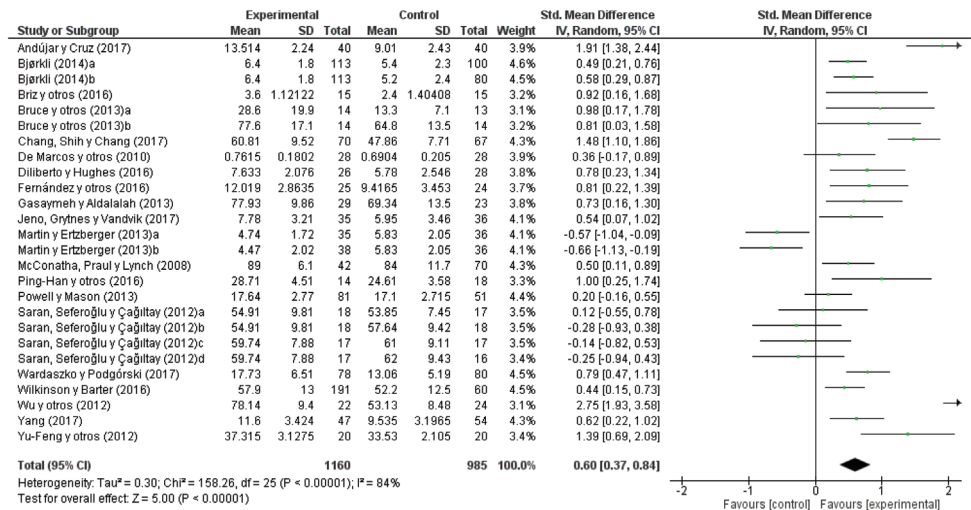


Figura 7 – Diagrama de bosque del meta-análisis sobre las investigaciones de *mobile learning* en educación superior

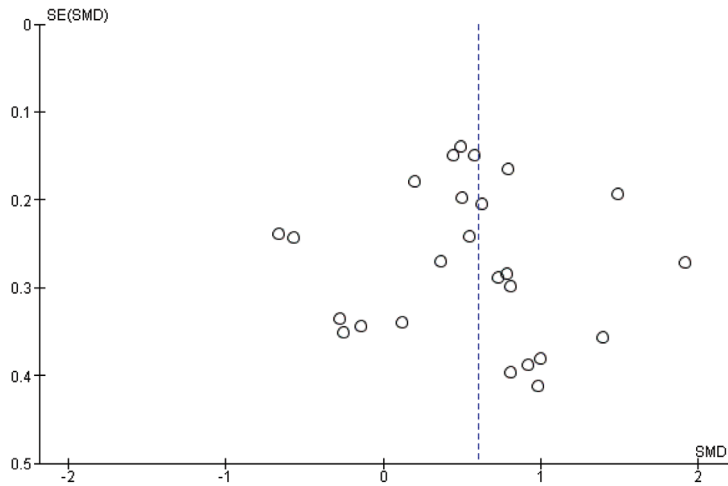


Figura 8 – Gráfico de embudo de las publicaciones sobre investigaciones de *mobile learning* en educación superior

4. Discusión y Conclusiones

La metodología *mobile learning* en educación superior se está consolidando, fruto de ello lo obtenemos tanto en la literatura científica publicada en las bases de datos WOS y Scopus, como en la cantidad de investigaciones y experiencias emergentes. El éxito

queda latente en el uso continuado que se le está dando a los dispositivos móviles y sus posibilidades, subrayándose que en la mayoría de investigaciones analizadas se coincide con el hecho de que el estudiantado dispone de su propio dispositivo (Lagunes *et al.*, 2017), haciendo alusión al término BYOD (Suárez, Lloret y Mengual, 2016).

En cuanto al ámbito de enseñanza de aplicación, es diverso. Así pues, los dispositivos móviles son implementados en diferentes disciplinas académicas para la mejora del aprendizaje. Destaca en este estudio de meta-análisis el campo de la medicina, donde el uso de aplicaciones móviles para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje recibe su propia nomenclatura “mHealth” (Briz *et al.*, 2016). Por tanto, es síntoma del afianzamiento del *mobile learning* en el campo de las ciencias de la salud, puesto que la definición de un término específico denota su uso continuado. Igualmente, cabe resaltar la utilización de los dispositivos móviles en la enseñanza de idiomas, los cuales siguen la misma estela médica de implementación de las apps como recurso principal para el aprendizaje (Carvalho y Duarte-Filho, 2018). Por otro lado, el campo científico de la informática también presenta múltiples investigaciones de uso de los dispositivos móviles en el aprendizaje de los estudiantes. Teniendo en cuenta la disciplina académica, la posibilidad de manipulación de los dispositivos y creación de nuevos recursos es mayor que en otros campos de conocimiento, debido a su especialización.

En general, queda evidenciada la variabilidad de ámbitos de enseñanza de implementación del *mobile learning*, siendo una realidad la necesidad de diseñar contenidos adaptados para dispositivos móviles en distintas especialidades (Márquez y Lautero, 2012; Arias, Contreras, Martín y Melo, 2017).

Si atendemos a los países de donde provienen las investigaciones, España se sitúa a la cabeza junto a Taiwán, dos de los principales mercados de *smartphones* en el mundo. Este dato no es de extrañar considerando que España es el país con mayor número de dispositivos por habitante (Europa Press, 2017). Poniendo el foco de atención en las variables ámbito de enseñanza y país, en España destaca la implementación del *mobile learning* en el campo de la medicina (3 de 4 estudios). Mientras que en Reino Unido la totalidad de investigaciones se centran en la aplicación de los dispositivos móviles en educación física. Esta correlación de variables denota el interés de la comunidad científica, en función del país, por un determinado ámbito para la introducción del *mobile learning*. En futuros estudios sería interesante analizar los factores que intervienen en la fijación de un campo concreto de especialización académica.

En relación al diseño metodológico de las investigaciones, destaca por excelencia el diseño cuasiexperimental con grupo control y grupo experimental y medidas pretest y postest. El diseño cuasiexperimental es el más utilizado en las ciencias de la educación, debido a que los grupos se encuentra previamente formados y por tanto, no se asignan al azar (Hernández, Fernández y Baptista, 2016). A su vez, las distintas investigaciones emplean el cuestionario como el instrumento de recogida de datos más utilizado, coincidiendo con otros estudios previos de revisión sistemática (Mateus, Aran y Masanet, 2017).

Centrándonos en los datos del meta-análisis, se evidencia que el *mobile learning* produce un efecto estadísticamente significativo a favor del grupo experimental, en la misma línea que argumentaban diversos autores (Rius, Masip y Clarisó, 2014; Vázquez, 2014; Cook y Sonnenberg, 2014; Torres, Infante y Torres, 2015) acerca de la

predisposición de los dispositivos móviles para mejorar los resultados de aprendizaje. Aunque en su mayoría el dispositivo móvil más empleado en las investigaciones analizadas es el *smartphone*, las *tablets* se alzan como un potente recurso para la mejora del aprendizaje, motivación y creación de entornos colaborativos (Wilkinson y Barter, 2016), con resultados similares a los recogidos en Suárez, Crescenzi y Grané (2013) y Nguyen, Barton y Nguyen (2015).

En consideración, la metodología *mobile learning* logra incidir en el aprendizaje del estudiantado con importantes mejoras en su proceso de enseñanza. Además, los diferentes estudios resaltan implícitamente otras cualidades que se ven afectadas como el aumento de la colaboración entre estudiantes (Foti y Méndez, 2014, Yilmaz, 2016) y el desarrollo de competencias digitales (Sevillano y Vázquez, 2015; Prasad, 2016).

En suma, estos datos verifican los resultados obtenidos por Wu *et al.* (2012a) en su estudio de meta-análisis de la literatura publicada sobre *mobile learning* entre 2003 y 2010, que apuntan a una significación positiva entre grupos a favor del experimental. Por consiguiente, el meta-análisis recogido en este trabajo, correspondiente a la literatura publicada entre 2007-2017, da continuidad a la evidencia empírica de que los dispositivos móviles mejoran el aprendizaje. Finalmente, con este estudio se ha dado respuesta al objetivo planteado acerca de analizar el efecto de la metodología *mobile learning* en la enseñanza universitaria a partir de la revisión de la literatura científica en WOS y Scopus.

Referencias

- Andújar, A., & Cruz, M.S. (2017). Mensajería instantánea móvil: Whatsapp y su potencial para desarrollar las destrezas orales. *Comunicar*, 25(50), 43–52. DOI:10.3916/C50-2017-04
- Arias, J., Contreras, J.A., Martín, R., & Melo, M. (2017). Validación de un cuestionario de satisfacción para la introducción de la gamificación móvil en la educación superior. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (23), 33–45. DOI:10.17013/risti.23.33–45
- Aznar, I., Cáceres, M.P., & Romero, J.M. (2018). Indicadores de calidad para evaluar buenas prácticas docentes de «mobile learning» en Educación Superior. *Education in the Knowledge Society*, 19(3), 53–68. DOI:10.14201/eks20181935368
- Bjørkli, K. (2014). The impact on learning outcomes in mathematics of mobile-enhanced, combined formative and summative assessment. *Technology Enhanced Learning*, 6(4), 343–360. DOI:10.1504/IJTEL.2014.069025
- Brazuelo, F., & Gallego, D.J. (2011). *Mobile Learning. Los dispositivos móviles como recurso educativo*. Sevilla: MAD.
- Briz, L., Juanes, J.A., García, F.J., & Pereira, A. (2016). Effects of Mobile Learning in Medical Education: A Counterfactual Evaluation. *Journal of Medical Systems*, 40(136), 1–6. DOI:10.1007/s10916-016-0487-4

- Bruce, S., Burnet, S., Arber, K., Price, D., Webster, L., & Stopforth, M. (2013). Interactive mobile learning: a pilot study of a new approach for sport science and medical undergraduate students. *Advances in Physiology Education*, 37, 292–297. DOI:10.1152/advan.00004.2013
- Cantillo, C., Roura, M., & Sánchez, A. (2012). Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación. *La Educ@cion Digital Magazine*, 147, 1–21.
- Carvalho, E.S., & Duarte-Filho, N.F. (2018). Proposta de um sistema de aprendizagem móvel com foco nas características e aplicações práticas da indústria 4.0. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (27), 36–51. DOI:10.17013/risti.27.36–51
- Chang, C., Shih, J.L., & Chang, C.K. (2017). A mobile instructional pervasive game method for language learning. *UAIS*, 16, 653–665. DOI:10.1007/s10209-016-0496-6
- Cook, C.W., & Sonnenberg, C. (2014). Technology And Online Education: Models For Change. *Contemporary Issues In Education Research*, 7(3), 171–188.
- De Marcos, L., Hilerá, J.M., Barchino, R., Jiménez, L., Martínez, J.J., Gutiérrez, J.A., Gutiérrez, J.M., & Otón, S. (2010). An experiment for improving students performance in secondary and tertiary education by means of m-learning auto-assessment. *Computers & Education*, 55, 1069–1079. DOI:10.1016/j.compedu.2010.05.003
- Diliberto, K., & Hughes, A. (2016). The Use of Mobile Apps to Enhance Student Learning in Introduction to Psychology. *Teaching of Psychology*, 43(1), 48–52. DOI:10.1177/0098628315620880
- Ditrendia (2016). *Informe Mobile en España y en el Mundo 2016*. Recuperado de http://www.amic.media/media/files/file_352_1050.pdf
- Europa Press (2017). *España, el país con más ‘smartphones’ por habitante del mundo*. Recuperado de <https://goo.gl/KmLmbp>
- Fernández, C., Cantarero, I., Galiano, N., Caro, E., Díaz, L., & Arroyo, M. (2016). The effectiveness of a mobile application for the development of palpation and ultrasound imaging skills to supplement the traditional learning of physiotherapy students. *BMC Medical Education*, 16(274), 1–7. DOI:10.1186/s12909-016-0775-1
- Ferreira, I., Urrúria, G., & Alonso, P. (2011). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Revista española de cardiología*, 64(8), 688–696. DOI:10.1016/j.recesp.2011.03.029
- Foti, M.K., & Méndez, J. (2014). Mobile learning: how students use mobile devices to support learning. *Journal of Literacy and Technology*, 15(3), 58–78.
- Gasaymeh, A.M., & Aldalalah, O. (2013). The impact of using SMS as learning support tool on students’ learning. *International Education Studies*, 6(10), 112–123. DOI:10.5539/ies.v6n10p112

- Gikas, J., & Grant, M.M. (2013). Mobile computing devices in higher education: Student perspectives on learning with cellphones, smartphones & social media. *Internet and Higher Education*, 19, 18–26. DOI: 10.1016/j.iheduc.2013.06.002
- Gutiérrez, C., Martín, A., Salmerón, H., Casasempere, A., & Fernández, A. (2017). Análisis temático de la investigación educativa soportada por Grounded Theory. *Bordón*, 69(1), 83–102. DOI:10.13042/Bordon.2016.41035
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2016). *Metodología de la investigación (6ª edición)*. México: McGraw-Hill Interamericana de México.
- Jeno, L., Grytnes, J., & Vandvik, V. (2017). The effect of a mobile-application tool on biology students' motivation and achievement in species identification: A Self-Determination Theory perspective. *Computers & Education*, 107, 1–12. DOI:10.1016/j.compedu.2016.12.011
- Lagunes, A., Torres, C.A., Angulo, J., & Martínez, M.A. (2017). Prospectiva hacia el Aprendizaje Móvil en Estudiantes Universitarios. *Formación Universitaria*, 10(1), 101–108. DOI:10.4067/S0718-50062017000100011
- Marcos, L., Tamez, R., & Lozano, A. (2009). Aprendizaje móvil y desarrollo de habilidades en foros asincrónicos de comunicación. *Comunicar*, 17(33), 93–100. DOI:10.3916/c33-2009-02-009
- Márquez, J.E., & Lautero, J.J. (2012). Implementación del servicio de mobile-learning para la Universidad Antonio Nariño. *Didáctica, innovación y multimedia*, 24, 1–5.
- Martin, F., & Ertzberger, J. (2013). Here and now mobile learning: An experimental study on the use of mobile technology. *Computers & Education*, 68, 76–85. DOI:10.1016/j.compedu.2013.04.021
- Mateus, J.C., Aran, S., & Masanet, M.J. (2017). Análisis de la Literatura sobre Dispositivos Móviles en la Universidad Española. *RIED*, 20(2), 49–72. DOI:10.5944/ried.20.2.17710
- McConatha, D., Praul, M., & Lynch, M. (2008). Mobile learning in Higher Education: An empirical assessment of a new educational tool. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 7(3), 15–21.
- Nguyen, L., Barton, S.M., & Nguyen, L.T. (2015). iPads in higher education – Hype and hope. *British Journal of Educational Technology*, 46(1), 190–203.
- Ping-Han, C., Ya-Ting, C., Shih-Hui, G., & Fan-Ray, R. (2016). 5E Mobile inquiry learning approach for enhancing learning motivation and scientific inquiry ability of university students. *IEEE Transactions on Education*, 59(2), 147–153.
- Powell, C., & Mason, D. (2013). Effectiveness of Podcasts Delivered on Mobile Devices as a Support for Student Learning During General Chemistry Laboratories. *Journal of Science Education and Technology*, 22, 148–170. DOI:10.1007/s10956-012-9383-y
- Prasad, K. (2016). Mobile Learning Practice in Higher Education in Nepal. *Open Praxis*, 8(1), 41–54. DOI:10.5944/openpraxis.8.1.245

- Price, D.J.S. (1986). *Little Science, big science...and beyond*. Nueva York, NY: Columbia University Press.
- Rius, A., Masip, D., & Clarisó, R. (2014). Proyectos de los estudiantes para potenciar el aprendizaje móvil en la educación superior. *RUSC*, 11(1), 192–207. DOI:10.7238/rusc.v11i1.1901
- Sánchez-Meca, J. (2003). La revisión del estado de la cuestión: el meta-análisis. En C. Camisón, M.J. Oltra, & M.L. Flor (Eds.), *Enfoques, problemas y métodos de investigación en Economía y Dirección de Empresas. Tomo I* (pp. 101-110). Castellón: Universitat Jaume I.
- Saran, M., Seferoğlu, G., & Çağıltay, K. (2012). Mobile Language Learning: Contribution of Multimedia Messages via Mobile Phones in Consolidating Vocabulary. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 21(1), 181–190.
- Sevillano, M.L., & Vázquez, E. (2015). The Impact of Digital Mobile Devices in Higher Education. *Educational Technology & Society*, 18(1), 106–118.
- Shen, R., Wang, M., Gao, W., Novak, D., & Tang, L. (2009). Mobile learning in a large blended computer science classroom: system function, pedagogies, and their impact on learning. *IEEE Transactions on Education*, 52(4), 538–546.
- Suárez, C., Lloret, C., & Mengual, S. (2016). Percepción docente sobre la transformación digital del aula a través de tabletas: un estudio en el contexto español. *Comunicar*, 24(49), 81–89. DOI:10.3916/C49-2016-08
- Suárez, R., Crescenzi, L., & Grané, M. (2013). Análisis del entorno colaborativo creado para una experiencia de mobile learning. *TESI*, 14(1), 101–122.
- Torres, J.C., Infante, A., & Torres, P.V. (2015). Mobile learning: perspectives. *RUSC*, 12(1), 38–49. DOI:10.7238/rusc.v12i1.1944
- Urrútia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clínica*, 135(11), 507–511.
- Vázquez, E. (2014). Mobile distance learning with smartphones and apps in higher education. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 14(4), 1505–1520.
- Wardaszko, M., & Podgórski, B. (2017). Mobile Learning Game Effectiveness in Cognitive Learning by Adults: A Comparative Study. *Simulation & Gaming*, 48(4), 435–454. DOI:10.1177/1046878117704350
- Wilkinson, K., & Barter, P. (2016). Do Mobile Learning Devices Enhance Learning In Higher Education Anatomy Classrooms?. *Journal of Pedagogic Development*, 6(1), 1–10.
- Wu, P.H., Hwang, G.J., Su, L.H., & Huang, Y.M. (2012b). A Context-Aware Mobile Learning System for Supporting Cognitive Apprenticeships in Nursing Skills Training. *Educational Technology & Society*, 15(1), 223–236.

- Wu, W.H., Wu, Y.C.J., Chen, C.Y., Kao, H.Y., Lin, C.H., & Huang, S.H. (2012a). Review of trends from mobile learning studies: A meta-analysis. *Computers & Education*, 59(2), 817–827.
- Yang, H.Y. (2017). Effects of Attention Cueing on Learning Speech Organ Operation through Mobile Phones. *Educational Technology & Society*, 20(4), 112–125.
- Yilmaz, O. (2016). E-Learning: Students Input for Using Mobile Devices in Science Instructional Settings. *Journal of Education and Learning*, 5(3), 182–192. DOI:10.5539/jel.v5n3p182
- Yu-Feng, L., Pei-Wei, T., Shih-Hsien, Y., & Chun-Ling, H. (2012). Comparing the social knowledge construction behavioral patterns of problem-based online asynchronous discussion in e/m-learning environments. *Computers & Education*, 59, 1122–1135. DOI:10.1016/j.compedu.2012.05.004

A Adopção de Medidas Formais, Informais e Técnicas de Segurança da Informação e sua Relação com as Pressões do Ambiente Institucional

Antonio Eduardo de Albuquerque Junior¹, Ernani Marques dos Santos², Rodrigo César Reis de Oliveira³, Adriano Santos Rocha Silva⁴, Laercio Moura de Almeida⁵

eduardo.albuquerque@fiocruz.br, emarques@ufba.br, rodrigo.oliveira@feac.ufal.br, adrianorocha70@gmail.com, laercio@prospectati.com

¹ Fundação Oswaldo Cruz – IGM, R. Waldemar Falcão 121, 40296-710, Salvador, Brasil

² Universidade Federal da Bahia – NPGA, Av. Reitor Miguel Calmon, 40110-903, Salvador, Brasil

³ Universidade Federal de Alagoas – FEAC, Av. Lourival Melo Mota, 57072-900, Maceió, Brasil

⁴ Universidade Federal da Bahia – NPGA, Av. Reitor Miguel Calmon, 40110-903, Salvador, Brasil

⁵ Prospecta Tecnologia de Informação, Av. Vasco da Gama 4615, 40230-731, Salvador, Brasil

DOI: 10.17013/risti.30.17-33

Resumo: Para proteger suas informações, as organizações podem adotar medidas de Segurança da Informação, mas a adoção pode ser influenciada pelo seu ambiente externo através de regulamentos, contratos, acordos e fiscalização, conhecimentos profissionais tidos como certos sobre tecnologias, normas e padrões internacionais, e da imitação de constituintes considerados bem-sucedidos. No entanto, não se sabe quais pressões influenciam a adoção dos diferentes tipos de medidas de Segurança da Informação. Este trabalho teve o objectivo de identificar quais pressões coercitivas, miméticas e normativas influenciam a adoção de medidas formais, informais e técnicas de Segurança da Informação em universidades públicas brasileiras, que têm o desafio de divulgar conhecimento enquanto precisam proteger informações de pesquisa e dados privados. A pesquisa envolveu um levantamento com gestores e profissionais de Segurança da Informação das universidades e pesquisa documental. Os resultados evidenciam que a adoção de medidas técnicas e informais é influenciada principalmente por pressões normativas enquanto medidas formais são adoptadas devido a pressões coercitivas.

Palavras-chave: universidades públicas; segurança da informação; pressões; ambiente institucional.

The Adoption of Formal, Informal, and Technical Information Security Measures and their Relation with Institutional Environment Pressures

Abstract: Organizations may adopt Information Security measures to protect information, but adoption may be influenced by external environment through

regulations, contracts, agreements, and inspection, professional knowledge about international standards and technologies that are taken for granted, and imitation of successful constituents of environment. However, it is not known what pressures influence adoption of different types of Information Security measures. This paper aimed to identify which coercive, mimetic, and normative pressures influence adoption of formal, informal, and technical Information Security measures in Brazilian public universities, which have the challenge of disseminating knowledge while need to protect research information and private data. The research involved a survey with universities' Information Security managers and professionals, and research in documents. The results show adoption of technical and informal measures is influenced mainly by normative pressures while formal measures are adopted due to coercive pressures.

Keywords: public universities; information security; pressures; institutional environment.

1. Introdução

Há um consenso sobre a necessidade de proteger informações organizacionais, mas características próprias levam a necessidades específicas de medidas de Segurança da Informação (Sêmola, 2014). Nesse contexto, as universidades precisam proteger informações acadêmicas, científicas e pessoais, que estão expostas a riscos de Segurança da Informação decorrentes de suas características e actividades e que podem sofrer incidentes com consequências graves (Perkel, 2010).

Para que se tenha Segurança da Informação, diferentes medidas técnicas, formais e informais podem ser aplicadas (Dhillon, 1999), mas a literatura recomenda uma análise e avaliação de riscos para que medidas apropriadas às necessidades e requisitos organizacionais sejam adoptadas (Fontes, 2006; Sêmola, 2014). O argumento para isso é que a simples adopção de medidas previstas em padrões e modelos de Segurança da Informação não garante a mitigação dos riscos (Dresner, 2011). Entretanto, a adopção dessas medidas pode acontecer como uma resposta a pressões do ambiente no qual as organizações estão inseridas, o que pode resultar na adopção de regulamentos internos, tecnologias, estruturas organizacionais, políticas e programas que não atendem às necessidades organizacionais (Albuquerque Junior & Santos, 2015). Para compreender a adopção de medidas de Segurança da Informação como resposta a pressões ambientais, Björck (2004) recomenda a Teoria Institucional, abordagem que enfatiza o comportamento organizacional como resultado de pressões do ambiente externo (Meyer & Rowan, 1977; DiMaggio & Powell, 1983).

Esta pesquisa teve o objectivo de identificar os factores do ambiente institucional que pressionam a adopção de medidas de Segurança da Informação em universidades públicas brasileiras. A literatura mais recente que aborda o tema sob a perspectiva da Teoria Institucional enfatiza principalmente a conformidade com regulamentos e leis (Kam, Katerattanakul, Gogolin, & Hong, 2013; Anthony, Appari, & Johnson, 2014; Lopes & Sá-Soares, 2014; Alkalbani, Deng, Kam, & Zhang, 2017; Hou, Gao, & Nicholson, 2018) e a difusão de estruturas de Segurança da Informação (Hsu, Lee, & Straub, 2012; Williams, Hardy, & Holgate, 2013). Diferentemente desses estudos, esta pesquisa busca relacionar a adopção de medidas formais, informais e técnicas de Segurança da

Informação a pressões institucionais miméticas, normativas ou coercitivas (DiMaggio & Powell, 1983). Para isso, este estudo envolveu a identificação dos constituintes do ambiente institucional, das pressões que eles exercem e das medidas de Segurança da Informação adoptadas em resposta a essas pressões.

2. Fundamentação Teórica

A Segurança da Informação é uma área de conhecimento que visa à protecção da informação contra alterações ou acessos indevidos e indisponibilidade para seus utilizadores (Sêmola, 2014), o que pede acções, políticas, procedimentos, normas e orientações para esta finalidade (Fontes, 2006). Chamados de medidas (Sêmola, 2014) ou controlos (Lopes, 2012) de Segurança da Informação, esses mecanismos podem impedir ou limitar a exploração de vulnerabilidades ou seu impacto, minimizando ou mesmo evitando os riscos relacionados (Sêmola, 2014).

Incidentes de Segurança da Informação podem ser técnicos, ambientais e sociais (Belasco & Wan, 2006), e para combatê-los ou mitigá-los, são recomendadas medidas técnicas, formais e informais (Dhillon, 1999) (Tabela 1). No entanto, cada organização tem características próprias e, portanto, necessidades particulares de Segurança da Informação (Dresner, 2011; Sêmola, 2014) e a simples adopção de medidas padronizadas não garante a mitigação dos riscos aos quais as informações estão expostas (Dresner, 2011), o que significa que devem ser adoptadas as medidas que atendem aos requisitos organizacionais.

Há um entendimento de que as decisões sobre a adopção de medidas de Segurança da Informação precisam atender a princípios, requisitos e riscos específicos da organização (Sêmola, 2014). No entanto, essas decisões podem ser tomadas em resposta ao ambiente externo à organização, pois elementos do ambiente podem obrigar ou recomendar a adopção de diferentes medidas que definem papéis, responsabilidades, estratégias, processos, estruturas organizacionais, políticas e tecnologias (Albuquerque Junior & Santos, 2015), mas que podem não ser adequadas às suas necessidades e requisitos.

Tipo	Objetivo
<i>Técnicos</i>	Limitar acesso a prédios, salas, computadores e sistemas (Dhillon, 1999; Dhillon & Moores, 2001) ou mudar o ambiente físico no qual as informações e outros ativos são armazenados para protegê-los por meios físicos ou através da operação em sistemas computacionais com o objetivo de proteger os recursos tecnológicos utilizados no processamento e armazenamento das informações (Björck, 2005)
<i>Formais</i>	Mudar o comportamento dos indivíduos e da organização formalmente através de regras e da conformidade com leis e regulamentos (Dhillon & Moores, 2001), e estão relacionados à Política de Segurança da Informação e a processos, regulamentos e estruturas organizacionais (Björck, 2005)
<i>Informais</i>	Mudar o comportamento dos indivíduos através de ações de treinamento e educação (Björck, 2005), envolvendo a comunicação de atitudes e comportamentos apropriados e das responsabilidades dos indivíduos (Dhillon & Moores, 2001)

Tabela 1 – Medidas técnicas, formais e informais de Segurança da Informação

Para investigar a influência do ambiente externo sobre a adoção de medidas de Segurança da Informação, é recomendada a Teoria Institucional (Björck, 2004; Kam et al., 2013), abordada a seguir.

2.1. Teoria Institucional

Investigações sobre a influência do ambiente externo na adoção de medidas técnicas, formais e informais de Segurança da Informação precisam considerar as pressões que esse ambiente exerce sobre as organizações. Esse entendimento é consistente com a Teoria Institucional (Kam et al., 2013), que trata da criação, difusão, adoção e adaptação de estruturas, esquemas, regras, normas e rotinas nas organizações e no ambiente e preconiza que as organizações e ambiente se influenciam mutuamente (Quinello, 2007).

Quinello (2007) destaca o desenvolvimento da Teoria Institucional em duas escolas: a Velha Escola Institucional, que tem o foco na organização e na legitimação do poder ou interesses das lideranças através de alianças, acordos e da influência do ambiente externo; e a Nova Escola Institucional, cujo foco está no campo organizacional e entende que as organizações buscam se legitimar para sobreviver no ambiente através da conformidade com regras institucionais. DiMaggio e Powell (1983) argumentam que ambas as escolas baseiam-se na relação entre organização e ambiente, mas Busanelo (2010) enfatiza que, após o trabalho de Meyer e Rowan (1977), houve uma proliferação de estudos da Nova Escola Institucional, que Powell e Bromley (2015) entendem ter se tornado dominante.

O campo organizacional, unidade de análise da Nova Escola Institucional, é um conjunto de organizações que constituem uma área reconhecida de vida institucional, entre fornecedores-chave, consumidores, agências reguladoras e prestadores de serviços (DiMaggio & Powell, 1983), e sua utilização como unidade de análise permite considerar seus atores relevantes em um estudo científico (Lopes, 2012). Em um campo organizacional, as regras, práticas, procedimentos, políticas e programas são disseminados e vistos como apropriados e eficientes, e são incorporados pelas organizações para se legitimarem e sobreviverem (Meyer & Rowan, 1977), mas essa assimilação as torna semelhantes, em um processo chamado isomorfismo institucional, que pode ser coercitivo, mimético e normativo (DiMaggio & Powell, 1983), mecanismos esses descritos na Tabela 2.

Tipo	Características
<i>Isomorfismo mimético</i>	Decorre do sucesso e prestígio de algumas organizações do campo organizacional, o que as torna mais legítimas e, conseqüentemente, imitadas pelas outras, que almejam alcançar os mesmos resultados diante das incertezas existentes
<i>Isomorfismo normativo</i>	Decorre da profissionalização no campo organizacional, que faz com que profissionais com conhecimentos e percepções semelhantes quanto a modelos, práticas, procedimentos e estruturas passem a trabalhar nas organizações
<i>Isomorfismo coercitivo</i>	Decorre do poder e da dependência entre organizações do mesmo campo organizacional e do estabelecimento de regras, práticas, estruturas e procedimentos cuja adoção é obrigatória

Fonte: DiMaggio e Powell (1983)

Tabela 2 – Os três mecanismos de isomorfismo institucional

Sob essa perspectiva, regulamentos governamentais, padrões e práticas tidas como certas ou eficientes e disseminados no campo organizacional pressionam as organizações a adotarem medidas formais, informais e técnicas de Segurança da Informação para se legitimarem (Albuquerque Junior & Santos, 2015).

2.2. Modelo de Pesquisa

A abordagem institucional foi utilizada recentemente em trabalhos sobre o tema (Tejay & Barton, 2013; Anthony et al., 2014; Lopes & Sá-Soares, 2014; Alkalbani, Deng & Kam, 2015; Angst, Block, D'Arcy, & Kelley, 2017; Alkalbani et al., 2017; Hou et al., 2018; Choi, Lee, & Hwang, 2018), mas, se analisados em conjunto, esses trabalhos são inconclusivos quanto aos mecanismos institucionais que pressionam as organizações a adotarem medidas de Segurança da Informação, pois apontam para pressões normativas e miméticas (Tejay & Barton, 2013), coercitivas (Alkalbani et al., 2015; Hou et al., 2018), miméticas e coercitivas (Anthony et al., 2014; Alkalbani et al., 2017), e coercitivas e normativas (Kam et al., 2013; Lopes & Sá-Soares, 2014; Choi et al., 2018). Além disso, os trabalhos abordam principalmente medidas formais (Williams et al., 2013; Kam et al., 2013; Lopes & Sá-Soares, 2014; Anthony et al., 2014; Angst et al., 2017; Alkalbani et al., 2017; Hou et al., 2018; Choi et al., 2018), dando pouca atenção às medidas informais e técnicas.

Com base em diferentes trabalhos que aplicam a Teoria Institucional, Albuquerque Junior e Santos (2015) utilizaram sete indicadores relacionados ao ambiente institucional para realizar uma pesquisa com institutos de pesquisa: Leis, decretos, instruções normativas, normas complementares, resoluções publicadas pelo Governo; Convênios ou contratos firmados com outras organizações parceiras ou de financiamento; Normas e padrões internacionais de Segurança da Informação; Critérios de seleção de profissionais que exigem formação ou conhecimentos específicos em Segurança da Informação; Participação de profissionais de TI e Segurança da Informação em redes de compartilhamento de informações e troca de conhecimentos; Utilização de experiências de outras organizações públicas bem sucedidas como modelos; Utilização de experiências de outras organizações acadêmicas bem sucedidas como modelos.

Albuquerque Junior e Santos (2015) identificaram também três grupos de constituintes do ambiente institucional: Governo, Órgãos de Regulação e Organizações de Financiamento; Profissionais de Tecnologia da Informação (TI) e Segurança da Informação; e Outras Organizações do Campo Organizacional.

Os indicadores identificados por Albuquerque Junior e Santos (2015) foram associados aos constituintes de forma a permitir investigar de quê decorre a adoção de medidas de Segurança da Informação: obrigações, que são pressões coercitivas do governo e de organizações responsáveis pela regulação ou financiamento; profissionalização da Segurança da Informação, que resulta em pressões normativas que incidem sobre as organizações para adotarem medidas de Segurança da Informação; imitação de medidas adotadas por outras organizações públicas ou acadêmicas consideradas bem sucedidas no ambiente institucional.

A Tabela 3 apresenta os constituintes do ambiente institucional associados aos indicadores de pressões coercitivas (PCo1 e PCo2), normativas (PNo1, PNo2 e PNo3) e

miméticas (PMO1 e PMO2) utilizados por Albuquerque Junior e Santos (2015) com base na literatura sobre Segurança da Informação e Teoria Institucional.

Constituintes	Indicadores
<i>Governo, órgãos de regulação, e organizações de financiamento</i>	PCO1 – Leis, decretos, instruções normativas, normas complementares, resoluções publicadas pelo Governo PCO2 – Convênios ou contratos firmados com outras organizações parceiras ou de financiamento
<i>Profissionais de TI e Segurança da Informação</i>	PN01 – Normas e padrões internacionais de Segurança da Informação PN02 – Critérios de seleção de profissionais que exigem formação ou conhecimentos específicos em Segurança da Informação PN03 – Participação de profissionais de TI e Segurança da Informação em redes de compartilhamento de informações e troca de conhecimentos
<i>Outras organizações do campo organizacional</i>	PMO1 – Utilização de experiências de outras organizações públicas bem-sucedidas como modelos PMO2 – Utilização de experiências de outras organizações acadêmicas bem-sucedidas como modelos

Fonte: Albuquerque Junior e Santos (2015)

Tabela 3 – Constituintes e pressões do ambiente institucional

As medidas de Segurança da Informação utilizadas neste estudo foram identificadas na literatura (Belasco & Wan, 2006; Juels, 2006; Thorpe, 2006; Panko, 2006; Sêmola, 2014) e agrupadas como técnicas, formais e informais, conforme proposto por Dhillon (1999) (Tabela 4).

Tipo	Exemplos
<i>Técnicas</i>	Redundância de dados; Segregação de redes de computadores; Redundância de peças e equipamentos; Prevenção contra códigos maliciosos; Controle de acesso lógico; Transmissão e armazenamento seguro de dados; Autenticação forte; Redundância de equipamentos; Controle de acesso físico; Protecção ambiental
<i>Formais</i>	Política de Segurança da Informação; Comitê de Segurança da Informação; Regulamentos internos de Segurança da Informação; Processos e procedimentos de Segurança da Informação; Equipa de Tratamento de incidentes de Segurança da Informação; Escritório de Segurança da Informação; Processo de análise e avaliação de riscos; Classificação de informações; Sistema de Gestão de Segurança da Informação; Revisão da Política de Segurança da Informação
<i>Informais</i>	Programas de treinamento de profissionais de TI; Programas de treinamento de utilizadores de TI; Campanhas de divulgação de regulamentos e da Política de Segurança da Informação; Campanhas de conscientização

Tabela 4 – Medidas técnicas, formais e informais de Segurança da Informação

Decisões sobre a adopção de medidas formais e informais, como política, plano director, planeamento e estratégias de Segurança da Informação, devem ser tomadas nos mais altos níveis decisórios de Segurança da Informação, como em um Comitê criado para essa finalidade. Já questões relativas a implementação e execução de medidas técnicas devem ficar a cargo do Escritório de Segurança da Informação ou da equipa de tratamento

de incidentes (Sêmola, 2014). Entretanto, subunidades organizacionais distintas sofrem diferentes influências do ambiente institucional (Delmas & Toffel, 2008) e a adoção de medidas técnicas, normalmente realizada por departamentos de actuação técnica, pode estar sujeita a pressões institucionais diferentes das que incidem sobre estruturas organizacionais responsáveis pela adoção de medidas formais e informais. Assim, tipos diferentes de medidas (formais, informais e técnicas) podem ser adoptadas como respostas a diferentes pressões institucionais (coercitivas, normativas e miméticas).

Para investigar se a adoção de medidas formais, informais e técnicas está associada a pressões coercitivas, normativas e miméticas, foram estabelecidas relações hipotéticas entre os constituintes do ambiente institucional e as categorias de medidas de Segurança da Informação, permitindo a construção do modelo de pesquisa (Figura 1).

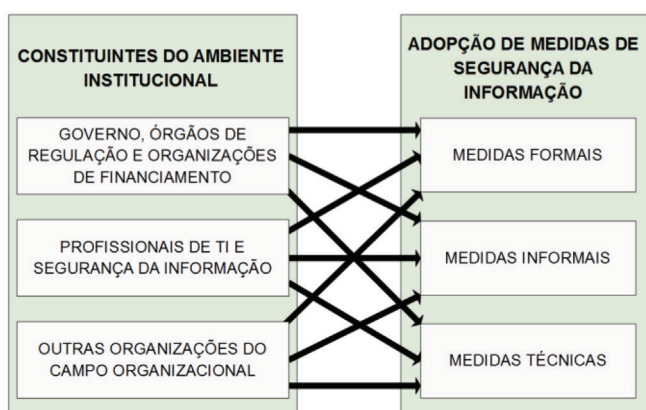


Figura 1 – Modelo de pesquisa

Dessa forma, constituintes que têm algum poder sobre o campo organizacional podem obrigar a adoção de medidas formais, informais e técnicas de Segurança da Informação por meio de leis, regulamentos, contratos ou acordos. A troca de informações e experiências em redes de profissionais de TI e Segurança da Informação ou a compreensão desses profissionais quanto às medidas necessárias pode levá-los a buscar a adoção em suas organizações também. Por fim, outras organizações públicas ou acadêmicas prestigiadas ou bem-sucedidas quanto à Segurança da Informação podem ser imitadas, e as medidas adoptadas por elas podem ser copiadas pelas universidades (Hsu et al., 2012; Lopes, 2012; Kam et al., 2013; Lopes & Sá-Soares, 2014).

3. Metodologia

Este trabalho envolveu a realização de pesquisa documental e um levantamento (*survey*) com gestores de Segurança da Informação ou TI de universidades públicas brasileiras, organizações que compõem um campo organizacional, conforme definido por DiMaggio e Powell (1983) e preconizado como unidade de análise da Teoria Institucional.

Essas organizações são também obrigadas a publicar documentos que tratam de Segurança da Informação, o que facilita o acesso aos dados. A pesquisa documental teve o objectivo de recolher dados para comparar com os dados oriundos do levantamento e envolveu a busca e análise de documentos que formalizam estruturas, processos, regulamentos internos, a Política de Segurança da Informação e o Plano Director de TI (PDIT) das universidades a fim de identificar evidências da adopção de medidas de Segurança da Informação. A busca pelos documentos foi realizada nos sítios *web* das universidades que responderam ao levantamento e na ferramenta de buscas Google, utilizando neste caso os termos “política de segurança da informação”, “psi”, “posic”, “sistema de gestão de segurança da informação”, “sgsi”, “plano director de ti” e “pdit” junto ao nome e sigla das universidades.

Os dados foram recolhidos entre outubro de 2015 e janeiro de 2016. O levantamento utilizou um formulário electrónico disponibilizado através do sistema FormSUS (<http://formsus.datasus.gov.br>) contendo 32 perguntas organizadas em duas partes: a) oito perguntas com o objectivo de recolher informações sobre respondente, tipo de governo (federal, estadual ou local), organizações que regulamentam as actividades, organizações tidas como bem sucedidas quanto à Segurança da Informação, padrões e modelos que orientam a Segurança da Informação, as medidas adoptadas e a legislação que aborda Segurança da Informação; e b) 24 perguntas referentes às medidas técnicas, formais e informais (Dhillon, 1999). No formulário, os respondentes seleccionavam as pressões institucionais que influenciaram a adopção de cada medida na universidade, podendo ser marcadas mais de uma opção dentre as disponíveis. Parte das perguntas permitiu a escolha de apenas uma opção, enquanto outras permitiam a selecção de mais opções e o acréscimo de informações em texto para identificar os órgãos que regulamentam as actividades desenvolvidas na universidade, a legislação e os padrões e modelos considerados na adopção.

Do total de 113 universidades públicas brasileiras, foram seleccionadas para participar da pesquisa as 55 que tinham profissionais ou estruturas organizacionais de Segurança da Informação, conforme informações divulgadas na Internet. Os possíveis respondentes e seus meios de contacto foram também identificados na Internet. O endereço electrónico do formulário foi enviado por correio electrónico, juntamente com esclarecimentos sobre a pesquisa, para os possíveis participantes ou para os departamentos de Segurança da Informação ou de TI. Os dados do levantamento foram analisados de forma descritiva, enquanto a análise qualitativa do conteúdo dos documentos foi fundamentada na teoria.

4. Apresentação e Análise dos Dados

Dentre os possíveis respondentes que receberam o convite, 27 (ou 49%) preencheram totalmente o formulário, sendo três de universidades estaduais e 24 de federais. Os respondentes são coordenadores de TI (17) e de Segurança da Informação (2), ou desempenham actividades técnicas (8) relacionadas.

Na busca por documentos, foram identificadas 17 Políticas de Segurança da Informação, 15 PDITs, dois Sistemas de Gestão de Segurança da Informação (SGSI), oito normas e regulamentos, 152 acordos e convênios com outras organizações, mas nenhum Plano de Continuidade do Negócio.

Diferentes leis brasileiras preveem a adoção de medidas de Segurança da Informação em organizações públicas e privadas, e por desenvolverem actividades de ensino e pesquisa, universidades brasileiras estão sujeitas a regulamentos e fiscalização de diferentes órgãos, como Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG), Sistema de Administração dos Recursos de Tecnologia da Informação (SISP), Controladoria Geral da União (CGU), Tribunal de Contas da União (TCU) e governos e tribunais de contas estaduais. Os respondentes de 22 universidades federais confirmaram TCU e SISP como fontes de pressão para adoção de medidas de Segurança da Informação, enquanto o MPOG foi apontado por 20 e a CGU por 16 respondentes, enquanto as três universidades estaduais confirmaram a pressão dos governos e tribunais de contas estaduais. Como as universidades brasileiras recebem financiamento de pesquisas de organizações governamentais, como a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), elas têm suas actividades de pesquisa e pós-graduação regulamentadas por essas organizações também, que podem impor exigências quanto à segurança de informações de pesquisa. Apesar disso, somente um respondente incluiu o CNPq, enquanto a CAPES foi apontada por 21 respondentes como fonte de pressão institucional.

Os respondentes informaram quais organizações consideram bem sucedidas quanto à Segurança da Informação, e os resultados mostram que há mais organizações públicas do que universidades, destacando-se o TCU (apontado por todos os respondentes), o MPOG (26 respondentes), a CGU (25 respondentes), o Banco Central do Brasil (BACEN) (24 respostas), além da Universidade de São Paulo (USP) (19 respostas) e da Universidade de Campinas (UNICAMP) (19 respostas), sinalizando a incidência de pressões miméticas.

O modelo de Segurança da Informação mais utilizado é a norma ISO/IEC 27002, segundo 25 respondentes, enquanto o *Control Objectives for Information and Related Technology* (COBIT), voltado para Governança de TI, é adoptado por 18 universidades. As normas de Segurança da Informação ISO/IEC 27001 e ISO/IEC 27005 foram apontadas por 15 e 10 respondentes, respectivamente. Esses resultados mostram que as universidades recebem pressões normativas de modelos bem conhecidos pelos profissionais de TI e Segurança da Informação.

Diferentes leis, decretos e regulamentos relacionados a Segurança da Informação foram indicados nos formulários (Tabela 5) e confirmadas em 13 Políticas de Segurança da Informação analisadas na pesquisa documental, o que evidencia pressões coercitivas sobre as universidades.

Além da medida informal “Programas de treinamento de profissionais de TI”, quatro medidas técnicas compõem a lista das que são adoptadas por todas as universidades: “Segregação de redes de computadores”, “Redundância de peças de equipamentos”, “Prevenção contra códigos maliciosos” e “Protecção ambiental”. A mais adoptada entre as formais é “Política de Segurança da Informação” (23 respondentes). A Tabela 6 mostra as medidas e quantas universidades as adoptam.

Leis, Decretos e Regulamentos	Objetivo ou Assunto	Quantidade
<i>Lei nº 12.527/2011</i>	Lei de Acesso à Informação, que dispõe sobre garantia de acesso a informações públicas	19
<i>Decreto nº 7.724/2012</i>	Regulamenta a Lei de Acesso à Informação	19
<i>Decreto nº 3.505/2000</i>	Institui a Política de Segurança da Informação da administração pública federal	17
<i>NC 03/IN01/DSIC/GSIPR</i>	Norma Complementar que dispõe sobre a elaboração de políticas de Segurança da Informação na administração pública federal	17
<i>IN 01 GSI/PR/2008</i>	Instrução Normativa que disciplina a gestão da Segurança da Informação na administração pública federal	16
<i>NC 07/IN01/DSIC/GSIPR</i>	Norma Complementar que regulamenta a implantação de controles de acesso sobre a elaboração de políticas de Segurança da Informação na administração pública federal	14
<i>NC 02/IN01/DSIC/GSIPR</i>	Norma Complementar que estabelece uma metodologia de gestão da Segurança da Informação para a administração pública federal	13
<i>NC 17/IN01/DSIC/GSIPR</i>	Norma Complementar que estabelece diretrizes de actuação de profissionais de Segurança da Informação nos órgãos públicos federais	13

Tabela 5 – Legislação brasileira apontada pelos respondentes

Medida	Categoria	Quantidade
<i>Segregação de redes de computadores</i>	Técnica	27
<i>Redundância de peças e equipamentos</i>	Técnica	27
<i>Prevenção contra códigos maliciosos</i>	Técnica	27
<i>Protecção ambiental</i>	Técnica	27
<i>Programas de treinamento de profissionais de TI</i>	Informal	27
<i>Redundância de dados</i>	Técnica	24
<i>Política de Segurança da Informação</i>	Formal	23
<i>Controlo de acesso lógico</i>	Técnica	22
<i>Transmissão e armazenamento seguro de dados</i>	Técnica	20
<i>Comitê de Segurança da Informação</i>	Formal	19
<i>Redundância de equipamentos</i>	Técnica	19
<i>Regulamentos internos de Segurança da Informação</i>	Formal	18
<i>Equipa de tratamento de incidentes</i>	Formal	18
<i>Processos e procedimentos de Segurança da Informação</i>	Formal	16
<i>Autenticação forte</i>	Técnica	16
<i>Programas de treinamento de utilizadores de TI</i>	Informal	16

<i>Escritório de Segurança da Informação</i>	Formal	11
<i>Controlo de acesso físico</i>	Técnica	11
<i>Revisão da Política de Segurança da Informação</i>	Formal	10
<i>Campanhas de conscientização</i>	Informal	10
<i>Sistema de Gestão de Segurança da Informação</i>	Formal	9
<i>Campanhas de divulgação de regulamentos e da Política</i>	Informal	8
<i>Classificação de informações</i>	Formal	7
<i>Processo de análise e avaliação de riscos</i>	Formal	6

Tabela 6 – Medidas adoptadas e quantidade de universidades que as adotam

Apesar de os dados mostrarem que 27 universidades adoptam “Programas de treinamento de profissionais de TI”, a pesquisa documental não identificou evidências nos 15 PDTIs analisados, nem de “Programas de treinamento de utilizadores de TI”, adoptado por 16 universidades. Os dados mostram que, embora tenha havido capacitação de funcionários, houve poucas “Campanhas de conscientização” (10 universidades) e “Campanhas de divulgação de regulamentos e da Política de Segurança da Informação” (oito universidades).

Dentre as medidas formais, a “Política de Segurança da Informação” é a mais comum, adoptada por 23 universidades. Como quatro universidades não têm esse documento, outras medidas podem ser adoptadas sem seguir princípios e diretrizes organizacionais. Foram localizadas apenas 17 Políticas para análise, possivelmente porque não foram divulgadas em seis universidades, o que pode contribuir para o descumprimento de suas diretrizes devido ao seu desconhecimento interno.

O “Comitê de Segurança da Informação” é a segunda medida formal mais adoptada, segundo 19 respondentes, mas sua formalização está documentada em 12 universidades. Por ser responsável por elaborar e revisar a Política de Segurança da Informação (Sêmola, 2014), e considerando que 23 universidades formalizaram Políticas e 19 têm Comitês instituídos, infere-se que as Políticas não são elaboradas nem revisadas por Comitês em quatro universidades.

Entre as medidas formais menos adoptadas está “Processo de Análise e Avaliação de Riscos” (adoptada por seis universidades), imprescindível para identificar requisitos de Segurança da Informação (Sêmola, 2014) e cujo facto de não ser adoptada implica em perda da capacidade de identificar informações sensíveis e as medidas necessárias para protegê-las.

A adopção de “Política de Segurança da Informação” foi mais associada a regulamentos do Governo, evidenciado pelo indicador “PCO1 – Leis, decretos, Instruções Normativas, Normas Complementares e resoluções publicadas pelo Governo” (21 respondentes), assim como “Comitê de Segurança da Informação” (19 respondentes) e “Regulamentos internos de Segurança da Informação” (16 universidades), sendo que quatro universidades adoptam regulamentos internos sem ter uma Política de Segurança da Informação como base, o que pode resultar em rejeição por parte dos utilizadores.

A Política de Segurança da Informação deve orientar a elaboração de processos e procedimentos internos (Sêmola, 2014). A adoção de “Processos e Procedimentos de Segurança da Informação” nas universidades foi associada por 15 respondentes a “PNO3 – Participação de profissionais de TI e Segurança da Informação em redes de compartilhamento de informações e troca de conhecimentos”, o que aponta que são adotadas destacadamente devido a pressões normativas, mas os documentos não foram localizados. Duas universidades têm processos e procedimentos internos, mas não têm uma Política de Segurança da Informação.

A adoção da medida formal “Equipa de tratamento de incidentes” foi associada por 15 respondentes ao indicador “PMO1 – Utilização de experiências de outras organizações públicas bem-sucedidas como modelos”, evidenciando que sua existência decorre do mimetismo institucional, sendo, portanto, uma imitação de experiências de outras organizações públicas. Já a medida formal “Escritório de Segurança da Informação” foi adotada devido ao indicador “PNO1 – Utilização de normas e padrões internacionais de Segurança da Informação como modelo” (11 respondentes), o que evidencia uma associação com pressões normativas. Da mesma forma, as poucas universidades que adotam a medida formal “Processo de Análise e Avaliação de Riscos” o fazem devido a padrões normativos internacionais.

As medidas formais “Classificação de Informações” e “Sistema de Gestão de Segurança da Informação” foram mais associadas a pressões coercitivas do ambiente institucional: a primeira foi associada por sete e a segunda por nove respondentes ao indicador “PCO1 – Leis, decretos, Instruções Normativas, Normas Complementares e resoluções publicados pelo Governo”.

A “Revisão da Política de Segurança da Informação” permite que o documento seja actualizado devido a mudanças nos requisitos de Segurança da Informação (Sêmola, 2014). Nove respondentes associaram esta medida formal ao indicador “PNO1 – Normas e padrões internacionais de Segurança da Informação”, o que a relaciona a pressões normativas. Todas as 17 Políticas de Segurança da Informação analisadas previam revisões, mas somente dez respondentes informaram que são realizadas e apenas duas universidades publicaram versões revisadas.

Os resultados mostram que as medidas formais são adoptadas principalmente devido a pressões coercitivas, mas também a pressões normativas e miméticas. Das dez medidas formais, cinco são adoptadas em resposta a pressões coercitivas (“PCO1 – Leis, decretos, Instruções Normativas, Normas Complementares e resoluções publicadas pelo Governo”) provenientes do Governo e de órgãos que regulam e financiam as actividades das universidades.

Quatro medidas formais foram relacionadas a pressões normativas, sendo três ao indicador “PNO1 – Utilização de normas e padrões internacionais de Segurança da Informação como modelo” e um a “PNO3 – Participação de profissionais de TI e Segurança da Informação em redes de compartilhamento de informações e troca de conhecimentos”, o que mostra a relevância das normas e padrões internacionais e do compartilhamento de informações e conhecimentos entre profissionais, que são pressões normativas para adopção de medidas de Segurança da Informação.

Dentre as medidas técnicas, a adopção de “Redundância de dados” e “Prevenção contra códigos maliciosos” acontece com base em experiências de outras universidades (“PMO2 – Utilização de experiências de outras organizações académicas bem-sucedidas como modelos”), segundo 23 e 26 respondentes, respectivamente, o que sugere que são implantadas tecnologias utilizadas por outras universidades, evidenciando o mimetismo institucional.

As medidas técnicas “Segregação de redes de computadores” e a “Redundância de peças de equipamentos” foram associadas pela maioria dos respondentes ao indicador “PNO2 – Utilização de critérios de seleção de pessoal que exigem formação ou conhecimentos específicos em Segurança da Informação”. A primeira foi associada por todos os 27 respondentes e a segunda por 23. Estas medidas são adoptadas, portanto, em resposta a pressões normativas, pois estão associadas aos conhecimentos e formação dos profissionais, o que pode ser explicado pela exigência de conhecimentos específicos de Segurança da Informação.

As demais medidas técnicas foram todas associadas ao indicador “PNO3 – Participação de profissionais de TI e Segurança da Informação em redes de compartilhamento de informações e troca de conhecimentos”: “Protecção ambiental”, por 25 respondentes; “Transmissão e armazenamento seguros de dados”, por 19 respondentes; “Controlo de acesso lógico”, por 18 pessoas; “Redundância de equipamentos”, por 17 pessoas; “Autenticação forte”, associado por 15 pessoas; e “Controlo de acesso físico”, associada por 11 pessoas. A adopção de medidas técnicas está mais relacionada a pressões normativas, sendo que este indicador foi associado a cinco medidas, e “PNO2 – Utilização de critérios de seleção de pessoal que exigem formação ou conhecimentos específicos em Segurança da Informação” a duas medidas, o que destaca a actuação dos profissionais em suas redes de relacionamentos e a importância de conhecimentos específicos prévios como pressões para a adopção de medidas técnicas.

Dentre as medidas informais, a mais adoptada é “Programas de treinamento de profissionais de TI”, sendo que 26 universidades a adoptam devido às pressões normativas “PNO1 – Normas e padrões internacionais de Segurança da Informação” e “PNO3 – Participação de profissionais de TI e Segurança da Informação em redes de compartilhamento de informações e troca de conhecimentos”, o que leva a inferir que a capacitação dos profissionais de TI resulta da troca de conhecimentos e da influência de normas e padrões de Segurança da Informação. A medida informal “Programas de treinamento de utilizadores de TI” também é adoptada principalmente devido a pressões normativas, mas foi associada por 16 respondentes apenas ao indicador “PNO3 – Participação de profissionais de TI e Segurança da Informação em redes de compartilhamento de informações e troca de conhecimentos”. Esses treinamentos para utilizadores podem ser realizados, portanto, devido ao facto de que os profissionais de TI e Segurança da Informação os entendem como necessários. A adopção da medida informal “Campanhas de divulgação de regulamentos e da Política de Segurança da Informação” foi também resultado das mesmas pressões normativas, segundo oito respondentes.

Por fim, dez respondentes associaram a medida informal “Campanhas de conscientização” aos indicadores “PMO1 – Utilização de experiências de outras

organizações públicas bem-sucedidas como modelos” e “PM02 – Utilização de experiências de outras organizações acadêmicas bem sucedidas como modelos”, ambos de pressões miméticas, o que evidencia a imitação de organizações consideradas bem sucedidas no ambiente. Assim, medidas informais foram adoptadas principalmente em resposta a pressões normativas, mas também devido à imitação de experiências bem-sucedidas, enquanto a adopção de medidas formais está mais relacionada a pressões coercitivas, e as técnicas a pressões normativas.

5. Conclusões

Esta pesquisa mostrou que as universidades públicas brasileiras estão sujeitas a pressões normativas, coercitivas e miméticas de diferentes constituintes do campo organizacional, como grupos de profissionais de Segurança da Informação, organizações que regulamentam e fiscalizam suas actividades e organizações públicas ou académicas bem-sucedidas quanto à Segurança da Informação.

Os dados evidenciam que a adopção de medidas de Segurança da Informação acontece devido principalmente a pressões normativas, sendo que a participação de profissionais de TI e Segurança da Informação em redes de trocas de informações foi o indicador mais seleccionado, que influencia destacadamente a adopção de medidas técnicas. Já as normas e padrões de Segurança da Informação tiveram influência relevante sobre a adopção de medidas informais, sendo que as medidas formais foram mais associadas a pressões coercitivas.

O trabalho mostrou também que as medidas técnicas são as mais difundidas, sendo que algumas delas foram adoptadas por todas as universidades, tendo sido mais associadas a pressões normativas, com destaque para a troca de informações entre profissionais e a contratação de profissionais com conhecimentos específicos em Segurança da Informação. Entre as informais, os “Programas de treinamento de profissionais de TI” também foram adoptadas por todas as universidades e foram associadas à contratação de profissionais com conhecimentos específicos e à participação deles em redes de profissionais. Entre as medidas formais, as mais adoptadas são a “Política de Segurança da Informação” e o “Comitê de Segurança da Informação” em resposta a pressões coercitivas de organizações que regulamentam a actuação das universidades.

Os resultados deixam claro que as informações das universidades não estão classificadas, o que pode levar a um tratamento inadequado e exposição a riscos. Outro resultado relevante é o facto de poucas universidades realizarem análises e avaliações de riscos, o que pode resultar na adopção de medidas de Segurança da Informação desnecessárias, insuficientes ou inapropriadas, expondo informações sensíveis ou protegendo excessivamente informações que necessitam de medidas menos rigorosas. Esses resultados e o facto de as medidas formais serem adoptadas devido a pressões coercitivas levam a questionar se a adopção visa à eficiência da Segurança da Informação ou à legitimidade das universidades no ambiente, tendo em vista que a conformidade com requisitos do ambiente externo é tida como meio para obter legitimidade e ter acesso a recursos.

A principal limitação do estudo está na quantidade de universidades que participou da pesquisa, o que inviabilizou a realização de análises estatísticas mais profundas e

limitou as conclusões. Procurou-se minimizar essa limitação cruzando os dados do levantamento e os da pesquisa documental, mas a pequena quantidade de documentos disponibilizados pelas universidades também se mostrou uma limitação. Organizações do mercado de TI não aparecem como constituintes do campo organizacional nesta pesquisa, o que restringe os resultados e é também uma limitação. A partir desse contexto, há uma necessidade de investigar a adoção de medidas observando um escopo maior de constituintes do campo organizacional e questionar a finalidade ou motivação da adoção de medidas de Segurança da Informação: se a eficiência ou legitimidade no campo organizacional.

Referências

- Albuquerque Junior, A. E., & Santos, E. M. (2015). Adoption of Information Security measures in public research institutes. *Journal of Information Systems and Technology Management*, 12(2), 289–316.
- Al-Kalbani, A, Deng, H., & Kam, B. (2015). Organisational security culture and information security compliance for e-government development: the moderating effect of social pressure. In: *Proceedings of the 19th Pacific Asia Conference on Information Systems, Singapore*, 5–9 July 2015, pp. 1–11.
- Al-kalbani, A., Deng, H., Kam, B., & Zhang, X. (2017). Information Security compliance in organizations: an institutional perspective. *Data and Information Management*, 1(2), 104–114.
- Angst, C. M., Block, E. S., D’Arcy, J., & Kelley, K. (2017). When do IT security investments matter? Accounting for the influence of institutional factors in the context of healthcare data breaches. *MIS Quarterly*, 41(3), 893–916.
- Anthony, D. L., Appari, A., & Johnson, M. E. (2014). Institutionalizing HIPAA compliance: organizations and competing logics in U.S. health care. *Journal of Health and Social Behavior*, 55(1), 108–124.
- Belasco, K., & Wan, S.-P. (2006). Online retail banking: security concerns, breaches, and controls. In Bidgoli, H. (Org.). *Handbook of Information Security: threats, vulnerabilities, prevention, detection, and management* (v.1, pp. 37-48). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Björck, F. J. (2004). Institutional Theory: A new perspective for research into IS/IT security in organisations. In *Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 37). Big Island, HI, USA: IEEE.
- Björck, F. J. (2005). *Discovering Information Security management*. Tese de Doutorado, Stockholm University, Estocolmo, Suécia.
- Busanelo, E. C. (2010). Um estudo epistemológico da Teoria Neo-Institucional. In *Anais do Encontro de Estudos Organizacionais da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração*, (pp. 6). Florianópolis, SC, Brasil: ANPAD.

- Choi, M., Lee, J., & Hwang, K. (2018). Information Systems Security (ISS) of e-government for sustainability: a dual path model of ISS influenced by institutional isomorphism. *Sustainability*, 10(5), 1555.
- Delmas, M. A., & Toffel, M. W. (2008). Organizational responses to environmental demands: opening the black box. *Strategic Management Journal*, 29(10), 1027–1055.
- Dhillon, G. (1999). Managing and controlling computer misuse. *Information Management & Computer Security*, 7(4), 171–175.
- Dhillon, G., & Moores, S. (2001). Computer crimes: theorizing about the enemy within. *Computers & Security*, 20(8), 715–723.
- DiMaggio, P. J., & Powell, W. W. (1983). The iron cage revisited: institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. *American Sociological Review*, 48(2), 147–160.
- Dresner, D. G. (2011). *A study of standards and the mitigation of risk in Information Systems*. Tese de Doutorado, The University of Manchester, Manchester, Reino Unido.
- Fontes, E. L. G. (2006). *Segurança da Informação: o usuário faz a diferença*. São Paulo: Saraiva.
- Hou, Y., Gao, P., & Nicholson, B. (2018). Understanding organisational responses to regulative pressures in information security management: the case of a Chinese hospital. *Technological Forecasting and Social Change*, 126, 64–75.
- Hsu, C. W., Lee, J.-N., & Straub, D. W. (2012). Institutional influences on Information Systems Security innovations. *Information Systems Research*, 23(3), 918–939.
- Juels, A. (2006). Encryption basics. In Bidgoli, H. (Org.). *Handbook of Information Security: threats, vulnerabilities, prevention, detection, and management* (v.2, pp. 469–478). Nova Jersey: John Wiley & Sons.
- Kam, H.-J., Katerattanakul, P., Gogolin, G., & Hong, S. (2013). Information Security Police compliance in higher education: a neo-institutional perspective. In *Proceedings of Pacific Asia Conference on Information Systems* (pp.17), Jeju Island, Coreia do Sul.
- Lopes, I. M. (2012). *Adopção de Políticas de Segurança de Sistemas de Informação na Administração Pública local em Portugal*. Tese de Doutorado, Universidade do Minho, Braga, Portugal.
- Lopes, I. M., & Sá-Soares, F. (2014). Institutionalization of Information Systems Security Policies adoption: factors and guidelines. *International Journal on Computer Science and Information Systems*, 9(2), 82–95.
- Luesebrink, M. (2011). *The institutionalization of Information Security Governance structures in academic institutions: a case study*. Tese de Doutorado, Florida State University, Tallahassee, FL, Estados Unidos da América.

- Meyer, J. W., & Rowan, B. (1977). Institutionalized Organizations: Formal Structure as Myth and Ceremony. *The American Journal of Sociology*, 83(2), 340–363.
- Panko, R. R. (2006). Digital signatures and electronic signatures. In Bidgoli, H. (Org.). *Handbook of Information Security: threats, vulnerabilities, prevention, detection, and management* (v.3, pp. 562-570). Nova Jersey: John Wiley & Sons.
- Perkel, J. (2010). Cybersecurity: how safe are your data? *Nature*, 464, 1260–1261.
- Powell, W. W., & Bromley, P. (2015). New Institutionalism in the analysis of complex organizations. In Wright, J. D. (Org.). *International encyclopedia of the social & behavioral sciences* (Vol. 2, 2ª ed., pp. 764–769). Amsterdão: Elsevier.
- Quinello, R. (2007). *A Teoria Institucional aplicada à Administração: entenda como o mundo invisível impacta na gestão dos negócios*. São Paulo: Novatec Editora.
- Sêmola, M. (2014). *Gestão da Segurança da Informação: uma visão executiva* (2a ed.). Rio de Janeiro: Campus.
- Tejay, G. P. S., & Barton, K. A. (2013). Information System Security commitment: a pilot study of external influences on senior management. In *Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 46), Manoa, HI, Estados Unidos da América.
- Thorpe, S. W. (2006). Extranets: applications, development, security, and privacy. In Bidgoli, H. (Org.). *Handbook of Information Security: threats, vulnerabilities, prevention, detection, and management* (v.1, pp. 215–225). Nova Jersey: John Wiley & Sons.
- Williams, S. P., Hardy, C. A., & Holgate, J. A. (2013). Information Security Governance practices in critical infrastructure organizations: a socio-technical and institutional logic perspective. *Electronic Markets*, 23(4), 341–354.

SCFHLA: Un Modelo de Interoperabilidad Semántica para Simulación Distribuida de Cadenas de Suministro

Juan Leonardo Sarli¹, Horacio Leone¹, Milagros Gutierrez²

{juanleonardosarli, hleone}@santafe-conicet.gob.ar, mmgutier@frsf.utn.edu.ar

¹ INGAR Conicet - UTN, Avellaneda 3657, 3000, Santa Fe, Argentina.

² CIDISI UTN, Lavaisse 610, 3000, Santa Fe, Argentina.

DOI: 10.17013/risti.30.34-50

Resumen: La simulación distribuida de cadenas de suministro tiene la gran ventaja de preservar la independencia de los miembros de la cadena, pudiendo reutilizar simuladores existentes sin necesidad de crear uno nuevo. Sin embargo, el problema que emerge en este tipo de simulación es la necesidad de acordar el conjunto de objetos, eventos, interacciones y métricas, que deben ser entendidas por todos los participantes para lograr con éxito un resultado valioso para los mismos. En este trabajo se presenta un marco conceptual basado en una red de ontologías, que da soporte a las tareas de modelado y composición de la simulación distribuida de cadenas de suministro para garantizar la interoperabilidad semántica de sus miembros. Se utiliza el estándar HLA (High Level Architecture) como herramienta de construcción de una simulación distribuida.

Palabras-clave: Interoperabilidad Semántica; Red de Ontologías; Cadena de Suministro; Simulación Distribuida; HLA.

SCFHLA: A Semantic Interoperability Model for Supply Chain Distributed Simulation

Abstract: Supply chain distributed simulation has as major advantage to maintain members' autonomy, being able to reuse existing simulators and avoiding making a new one. However, a new problem emerges. It is required an agreement about the meaning of objects, events, interactions and metrics, to be shared during simulation in order to successfully achieve the simulation objectives. In this work, we present a conceptual framework based on an ontology network, which is the frame to define the modeling and simulation of supply chain in a distributed environment, guaranteeing semantic interoperability among members. The HLA (High Level Architecture) standard has been used as a tool to build distributed simulation.

Keywords: *Semantic Interoperability; Ontology Network; Supply Chain; Distributed Simulation; HLA.*

1. Introducción

La cadena de suministro (CS) es una estructura organizacional adecuada para que las empresas puedan mantenerse ágiles y competitivas. En estas estructuras, para mantener la administración eficiente de los flujos de información, materiales y económicos, se hace necesario fortalecer las relaciones de comunicación, colaboración, intercambio de información y confianza entre sus miembros. En las últimas décadas, las CS han traspasado los límites de las organizaciones, dando como resultado organizaciones colaborativas y en red (Cigolini, Pero, Rossi, & Sianesi, 2014; Mustafee, Katsaliaki, & Taylor, 2014). En este contexto, la construcción de un modelo de la CS es importante para comprender sus relaciones, procesos, interacciones y roles entre otros. El modelo de referencia SCOR (Supply Chain Council, 2012) es uno de los más utilizados para modelar CS. Este modelo brinda herramientas de diagnóstico y evaluación comparativa, que ayudan a las organizaciones a detectar oportunidades de mejora. El modelo SCOR presenta una visión estática de CS, si además al mismo se le añade una perspectiva dinámica se contaría con información más precisa sobre la cual tomar decisiones.

Las técnicas de simulación, emergen como una herramienta poderosa para encontrar configuraciones deseables que alcanzan los objetivos propuestos de CS. Además, mejoran la toma de decisión conjunta, basada en información detallada y confiable. La configuración más utilizada para una simulación de CS es un único modelo simple ejecutado en una única computadora. Esta configuración no permite reusar simuladores existentes de los miembros de la CS e implica un trabajo costoso en cuanto a tiempo, ejecución y recopilación de información, dada la naturaleza distribuida y la alta independencia entre los miembros de la CS (Anagnostou & Taylor, 2017; Mustafee, Taylor, Katsaliaki, & Brailsford, 2009). Sin embargo esta configuración evita la composición de modelos y la transferencia de datos entre sus miembros (Mustafee, Taylor, Katsaliaki, Dwivedi, & Williams, 2012). En este contexto, la simulación distribuida (SD) aparece como una configuración más apropiada para ejecutar una simulación de CS dado que refleja de mejor manera la naturaleza propia de la misma. Además, la SD permite el reúso de simuladores existentes en los miembros de la CS, manteniendo así la independencia y evitando la necesidad de construir un único simulador que comprenda el comportamiento de todos sus participantes. Cada miembro preserva su lógica de negocio, utiliza su modelo de simulación y comparte la mínima cantidad de información necesaria, lo que permite modificar su lógica interna sin afectar al resto (Anagnostou & Taylor, 2017).

El estándar High Level Architecture (HLA) (IEEE, 2010a) es el más utilizado para desarrollar SD. El uso del mismo garantiza la interoperabilidad sintáctica a través de la definición de la interfaz y del documento FOM (Federation Object Model) que representa el contrato bajo el cual los federados participarán de la Federación. El FOM provee las etiquetas necesarias para interpretar correctamente interacciones y objetos, sin embargo los valores que tomen estas etiquetas deben ser semánticamente acordados para que la simulación tenga resultados válidos (Tolk, Bair, & Diallo, 2013; Tolk, Diallo, & Padilla, 2012). Este acuerdo se conoce como interoperabilidad semántica, la cual se considera una solución para el tratamiento del significado de la información mediante la construcción de recursos individuales semánticamente consistentes (Mezgar & Rauschecker, 2014; Piedra et al., 2015; Piedra & Suárez, 2018). El objetivo

de la interoperabilidad semántica es lograr que sistemas de información autónomos comprendan el significado de la información generada y compartida por otros sistemas. Cada miembro de una CS utiliza términos diferentes para describir conceptos similares, o términos idénticos para significar conceptos diferentes, lo que introduce confusión y errores de uso. Existen soluciones tecnológicas para la interoperabilidad semántica, las que abarcan desde vocabularios controlados, tesauros y ontologías, hasta la utilización de metadatos y estándares (Béhé, Galland, Gaud, Nicolle, & Koukam, 2014). En este trabajo, se propone el uso de una red de ontologías como la solución más adecuada. Esta red llamada *SCFHLLA* (Supply Chain Federation HLA), presenta un marco teórico que da soporte a la interoperabilidad semántica entre simuladores en una SD de CS. La red conceptualiza los dominios de CS y de federaciones HLA. El objetivo de usar una red de ontologías en lugar de una única ontología es el de permitir el desarrollo modular de las mismas, facilitar su gestión y mantenimiento. De esta manera, el marco teórico provee: (i) un vocabulario común para definir el modelo de CS a simular. (ii) reglas de integridad que guían al modelador en la construcción del modelo. (iii) reglas de mapeo entre conceptos utilizados en la definición del modelo de CS a simular y conceptos necesarios de SD, y (iv) reglas de transformación para generar en forma automática el modelo de objetos (FOM).

El resto del trabajo se encuentra organizado de la siguiente forma. En la sección 2, se definen los conceptos utilizados en el desarrollo de este trabajo: HLA, ontologías y red de ontologías. En la sección 3, se presenta la red de ontologías, cada una de las ontologías que forman la red y las reglas de mapeo usadas para establecer semejanzas entre los modelos. En la sección 4, se presentan los trabajos relacionados. Luego, en la sección 5 se presenta un ejemplo donde se muestra el uso de la red en la definición de la CS, la generación automática de la federación y del FOM. Finalmente, se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

2. Contexto

Se presenta en esta sección los conceptos teóricos utilizado en el desarrollo de este trabajo. Así, para el desarrollo de una SD se utilizó el estándar HLA. También se utilizó el concepto de red de ontologías que permitió el trabajo colaborativo, modular e iterativo del marco conceptual que se presenta.

2.1. Estándar HLA

HLA es una arquitectura estándar que soporta el reúso de capacidades disponibles en diferentes simuladores, a la vez que posibilita el desarrollo de sistemas de simulación complejos de manera cooperativa y distribuida, soportando el desarrollo de simulación basada en componentes (IEEE, 2010b). En este sentido, HLA propone integrar sistemas de simulación diferentes cada uno con un objetivo determinado, en un sistema mayor que represente el comportamiento del mismo, sin necesidad de reescribir algún componente o comenzar a crear desde cero el modelo de mayor nivel y su simulador. Un simulador que cumple las especificaciones HLA, para ser integrado en la arquitectura, se lo llama federado. Los federados luego se unen en federaciones. HLA utiliza el término federación para hacer referencia al simulador del sistema complejo, formado por simuladores de menor nivel llamados federados los cuales integran la federación.

La Figura 1 muestra los componentes de HLA. Las reglas son un conjunto de ítems que definen las responsabilidades y relaciones entre los componentes de una federación HLA. La especificación de la interfaz define la interfaz funcional entre federados y la infraestructura de ejecución (runtime infrastructure o RTI) de HLA (IEEE, 2010a). El RTI puede ser visto como el sistema operativo distribuido que provee comunicación y coordinación entre los federados, es una implementación de la especificación de la interfaz y brinda un conjunto de servicios para manejar la simulación de HLA. Este software está fuera del alcance de la especificación HLA. Existen algunas implementaciones disponibles tales como PoRTico (“Portico,” 2016) y PITCH RTI (“Pitch Technologies,” 2017). El patrón del Modelo de Objeto (OMT Object Model Template) provee un formato común de presentación para el modelo de objetos HLA. Establece el formato de modelos claves como ser: FOM, Simulation Object Model (SOM), y Management Object Model (MOM). Particularmente, el FOM tiene como objetivo proveer una especificación común para el intercambio de datos entre federados en un formato estándar (IEEE, 2010c). En síntesis el FOM establece un contrato del modelo de información que es necesario (pero no suficiente) para alcanzar interoperabilidad entre federados. Cuando los federados se unen a la federación, se asume que éstos conocen y aceptan dicho contrato.

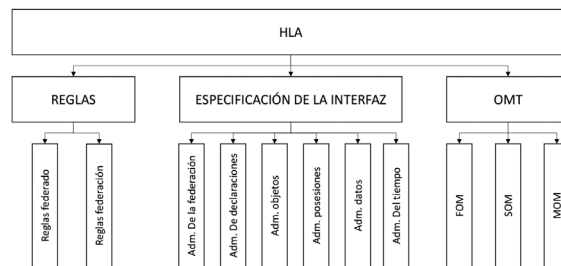


Figura 1 – Estándar HLA

2.2. Ontologías y Red de Ontologías

Una ontología es una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida de un dominio (Hofmann, Palii, & Mihelcic, 2011). Las ontologías son apropiadas para definir explícitamente qué se entiende que existe en el dominio (Staab & Studer, 2009) y cómo cada componente se relaciona con los demás componentes (Zeigler & Hammonds, 2007). Las ontologías organizan la representación del conocimiento y capturan la información sobre objetos en un dominio de conocimiento (Gómez-Pérez, Fernandez-Lopez, & Corcho, 2010; Tolaba, Caliusco, & Galli, 2014). Una ontología es una 6-tupla de conceptos, relaciones, jerarquías, una función que relaciona conceptos de manera no taxonómica, un conjunto de axiomas y un conjunto de reglas, lo que formalmente puede expresarse de la siguiente manera (Maedche, 2002):

$$O = \{C, R, H, rel, A, DR\} \text{ donde:}$$

C y R son dos conjuntos disyuntos, C : conceptos que representan clases de objetos y R relaciones entre conceptos. H es una jerarquía de conceptos, $H \subseteq C \times C$ la cual se denomina

jerarquía de conceptos o taxonomía. La función $rel: R \rightarrow C \times C$ que relaciona los conceptos de manera no taxonómica. A es un conjunto de axiomas que expresan las propiedades del modelo. DR es un conjunto de reglas de derivación expresadas como cláusula de HORN. El lenguaje *Ontology Web Language* (OWL) es el estándar usado para implementar una ontología (W3C, 2015b). Dado que OWL no permite expresar reglas lógicas como cláusulas de HORN, es combinado con el lenguaje *Semantic Web Rule Language* (SWRL) (W3C, 2004) para especificar este tipo de reglas con conceptos de OWL.

Una red de ontologías es un conjunto de ontologías vinculadas a través de relaciones de mapeo, modularización, versión y dependencia (Allocca, D'Aquin, & Motta, 2009). En esta red, las meta-relaciones entre las ontologías son especificadas explícitamente (Diaz, Motz, & Rohrer, 2011). Cada ontología conceptualiza un dominio independiente. La principal ventaja de usar una red de ontologías es la posibilidad de desarrollar un dominio dado de una forma modular y colaborativa, donde cada ontología es más fácil de entender y mantener. Así los diseñadores pueden estar trabajando sobre las ontologías en forma concurrente.

3. La Red de Ontologías SCFHLA

La red de ontologías SCFHLA describe el contexto de SD de CS. La Figura 2 muestra la red SCFHLA, donde se identifican las dos áreas principales tenidas en cuenta y las meta-relaciones entre las ontologías. La ontología *HLAFed* conceptualiza el contexto de SD. Así los conceptos *Federation*, *Federate*, *objectModel* hacen referencia a los elementos Federación, Federado y modelo de objetos respectivamente, necesarios para construir una SD con el estándar HLA. Por otro lado, la ontología *SCK* especifica los conceptos tales como *SupplyChain*, *Relation*, *Participant*, *Metric* correspondientes a CS, relaciones, participante, métrica, indispensables para definir una CS. Las meta-relaciones *performs* y *representA* relacionan conceptos de ambas ontologías. A continuación se describen cada una de las ontologías, sus relaciones y el uso que se propone de la red.

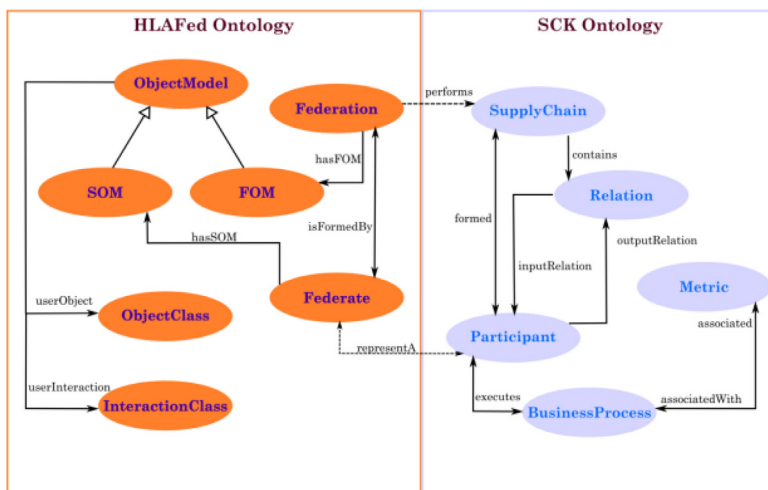


Figura 2 – Red de ontologías SCFHLA

3.1. Ontología SCK

La Figura 3 muestra en detalle los conceptos que conforman la ontología SCK. Una CS es modelada a través del concepto *SupplyChain*. Una organización que es miembro de una cadena es modelada con el concepto *Participant* y las relaciones que existen entre los miembros se modelan con el concepto *Relation*. Estas relaciones implican que existe un intercambio de información y/o materiales entre los participantes. Se consideraron relaciones de entradas (*inputRelation*) las cuales indican que el participante recibe interacciones de otro participante y relaciones de salida (*outputRelation*) que implican que un participante envía información/materiales a otro miembro. Estas relaciones tienen un conjunto de parámetros asociados que la describen, lo cual se modela a través de la relación *hasParameter* entre los conceptos *Relation* y *RelationParameter*. A su vez, los miembros pueden jugar distintos roles dentro de la cadena. Algunos roles se definieron de acuerdo a SCOR: *Make*, *Delivery*, *Source* y el rol *Authority* tiene un significado especial: identifica el participante encargado de construir el modelo válido para la simulación de la cadena.

El rol *Source* se define como aquel componente que recibe requerimientos de materias primas y/o servicios, y entrega materia prima y/o servicios. El rol *Make* es aquel que requiere y recibe materia prima pero a la vez, la transforma en un producto final. Este rol está asociado generalmente con las fábricas. El rol *Deliver* es aquel que entrega y recibe productos o servicios intermedios o finales. Generalmente se asocia con el transportista o procesos de logística.

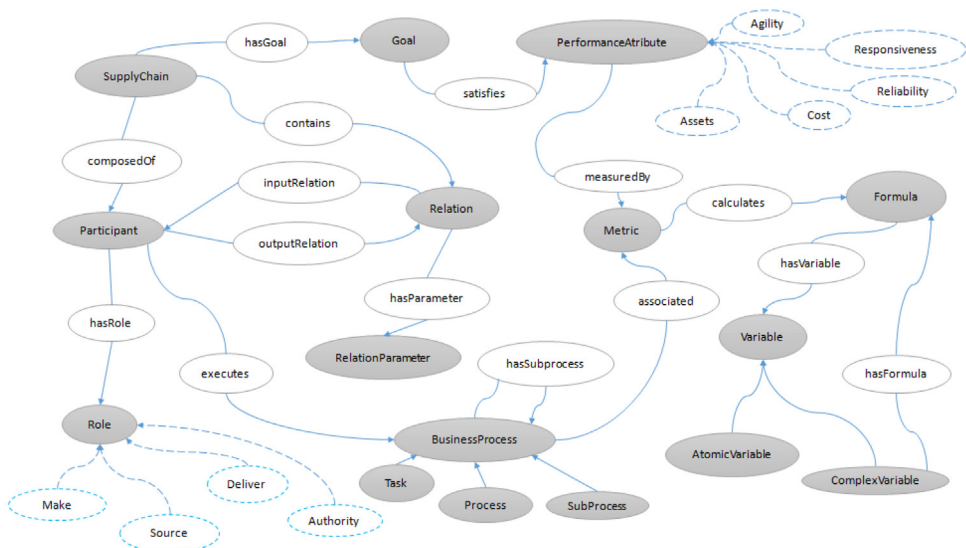


Figura 3 – Ontología SCK

Los participantes tienen procesos que deben ejecutar para cumplir con sus actividades dentro de la cadena. Esto se modela a través de la relación *executes* que relaciona

BusinessProcess con *Participant*. Se identificaron tres tipos de procesos de negocios definidos como subclases del concepto *BusinessProcess*: *Process*, *SubProcess*, y *Task* para representar los diferentes niveles de abstracción. *Process* define alcance, tipo y objetivos de rendimientos. *SubProcess* establece estrategias operativas y capacidades de un proceso. Por último *Task* define una actividad atómica dentro de un proceso. La relación *hasSubprocess* define la composición de un proceso de negocio (*BusinessProcess*) en sí mismo. Toda CS tiene un objetivo que debe ser alcanzado por la colaboración de todos sus miembros. Este concepto se modela a través de *Goal* en la ontología. Estas metas generalmente se expresan en lenguaje natural y están relacionadas a atributos de rendimiento (*PerformanceAttribute*) que pueden ser calculados a través de métricas (*Metric*). También se define la relación *associated* entre *BusinessProcess* y *Metric* indicando que un proceso de negocio tiene una métrica asociada para evaluar el grado de satisfacción del objetivo de la CS. Con el fin de medir un atributo de rendimiento, las métricas asociadas deben ser calculadas con el uso de una fórmula. Se define en la ontología la relación *calculates* que relaciona la métrica con su fórmula asociada. A su vez, una fórmula está compuesta por variables las cuales pueden ser atómicas o compuestas, estas últimas tienen asociadas otras fórmulas. En la ontología estos conceptos se modelan con la relación *hasVariable* que vincula una fórmula con sus variables y la relación de herencia entre el concepto *Variable* y los tipos de variables definidos: *AtomicVariable* y *ComplexVariable*.

3.2. Ontología HLAFed

La Figura 4 muestra la ontología *HLAFed* que contiene los términos necesarios para conceptualizar una federación HLA. Los conceptos *Federation* y *Federate* corresponden a federación y federado respectivamente. Una federación estará formada por un conjunto de federados, la relación *hasMember* entre *Federation* y *Federate* representa esta asociación. El concepto *Administrator* modela al federado encargado de administrar la federación y, como tal, es el responsable de iniciar la misma e invitar a los federados participantes a unirse a ella. Se modela la relación *initiates* entre *Administrator* y *Federation* para representar este hecho y además la relación *hasFunction* entre *Federate* y *Administrator* para indicar que un federado cumple el rol de ser administrador de la federación. El concepto *Federation* representa la SD y por lo tanto necesita tener asociado una meta, así en la ontología se define el concepto *Objective* para representar el objetivo de la federación, y la relación *hasObjective* que relaciona *Federation* con *Objective*, indica que esa federación persigue el objetivo. Como se explicó anteriormente, los federados y federaciones tienen sus modelos de objetos que son utilizados para poder intercambiar datos e interacciones durante la simulación, constituyendo la base fundamental del éxito de la misma. El concepto *ObjectModel* representa al modelo de objeto, el mismo tiene dos sub conceptos: *FOM* y *SOM* que representan el modelo de objetos asociado a la federación y el modelo de objetos asociado a cada federado respectivamente. De esta forma las relaciones *hasFOM* y *hasSOM* relacionan *FOM* con *Federation* y *SOM* con *Federate* respectivamente. *ObjectModel* abstrae la estructura que debe tener tanto el *SOM* como el *FOM*. Para ello se identifican los conceptos que lo conforman. El concepto *POC* representa la información de contacto del responsable de la federación. La relación *contactInformation* relaciona *POC* con *ObjectModel*.

Los conceptos *Interaction* y *ObjectClass* son parte del modelo de objetos, lo cual se representa con las relaciones *hasObject* y *hasInteraction* que relacionan *ObjectModel* con *ObjectClass* e *Interaction* respectivamente. A su vez *ObjectClass* es un elemento compuesto que puede estar formado recursivamente por otro *ObjectClass* lo cual queda representado con la relación *composedOfObject* sobre sí mismo. A su vez, *ObjectClass* puede tener asociado atributos (concepto *Attribute*), los cuales a su vez tienen propiedades (concepto *Property*). Las interacciones también se pueden descomponer en otras interacciones formando una estructura jerárquica. Esta composición se expresa en la ontología a través de la relación *composedOfInteraction* que relaciona *Interaction* con sí mismo. Las interacciones tienen parámetros y propiedades, lo cual se identifica con los conceptos *Parameter* y *Property* respectivamente. Por otro lado, el modelo de objetos contiene información de administración correspondiente a servicios prestados por el RTI durante una simulación. Estos conceptos son: *DataType*, *Time*, *Transportation*, *MOMInteraction*, *MOMObject*, *Dimension* y *Note*.

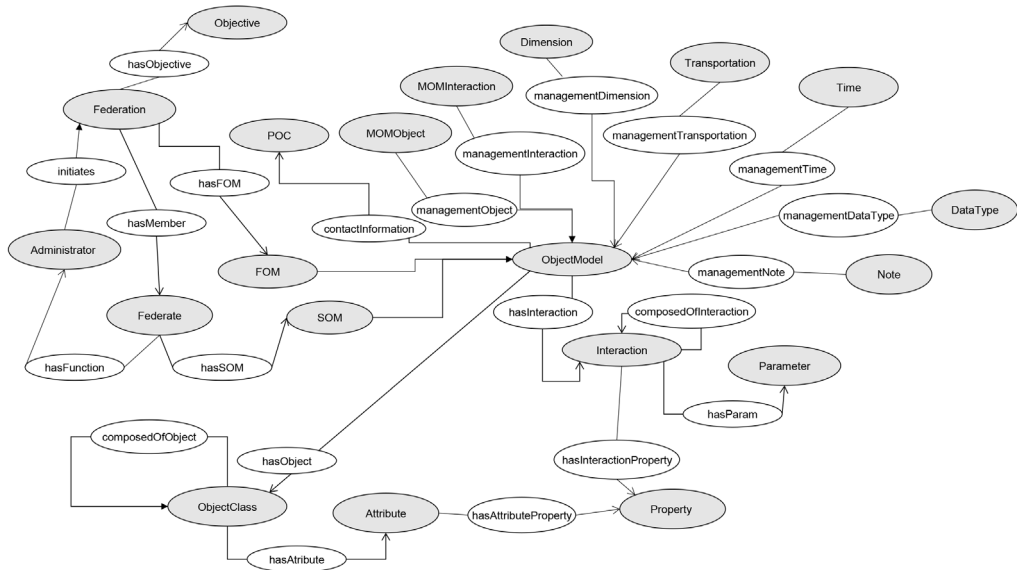


Figura 4 – Ontología HLAFed

DataType representa las características de los tipos de datos que van a ser usados tanto por las interacciones como por los objetos definidos por el usuario. El concepto *Note* agrega información adicional al modelo de objetos que facilita el uso de los datos específicos. *Transportation* define diferentes mecanismos para transportar los datos entre federados. *Time* conceptualiza las diferentes estrategias de administración del tiempo de cada federado. *Dimension* corresponde a la organización de un grupo de objetos en dimensiones. *MOMObject* representan grupos de objetos y sus atributos

usados para describir el estado de la federación y de los federados. Finalmente, *MOMInteraction* representa el conjunto de servicios usados por un federado para adaptar, requerir, reportar o invocar servicios en nombre de otro federado. Para cada uno de estos conceptos se definen las relaciones necesarias que asocian estos conceptos con *ObjectModel*, indicando que todos ellos están formando parte de dicho modelo.

A partir de la instanciación de la ontología *SCK*, es posible derivar instancias y valores de atributos en la ontología *HLAFed* que representan los mismos conceptos pero en dominios diferentes. Así por ejemplo, el concepto de CS tiene su equivalente en federación, indicando que una federación simula el comportamiento de una CS. Además, si se define un participante como miembro de la CS, entonces habrá en la ontología *HLAFed* un federado que represente a ese participante y que forme parte de la federación asociada al concepto de CS que se define. La Tabla 1 muestra algunas de estas reglas.

#	Descripción	Regla SWRL
1	Si hay una instancia de cadena de suministro entonces habrá una instancia de federación con su mismo nombre	$\text{SupplyChain}(?s, ?name) \rightarrow \text{Federation}(?fn, ?name) \wedge \text{performs}(?fn, ?s)$
2	Si hay una instancia de <i>Participant</i> , relacionada con una <i>SupplyChain</i> a través de la relación <i>composeOf</i> , entonces existirá una instancia de un <i>Federate</i> con el mismo nombre que el participante	$\text{Participant}(?p, ?nameP) \wedge \text{SupplyChain}(?s, ?nameS) \wedge \text{composeOf}(?s, ?p) \wedge \text{Federation}(?fn, ?nameF) \wedge \text{performs}(?fn, ?s) \rightarrow \text{Federate}(?f, ?nameP) \wedge \text{hasMember}(?fn, ?f) \wedge \text{representA}(?f, ?p)$
3	Si entre dos participantes se define una relación, entonces existirá una interacción en el modelo de objetos con el mismo nombre que la relación definida	$\text{Participant}(?a) \wedge \text{Participant}(?b) \wedge \text{Relation}(?r, ?nameR) \wedge \text{outputRelation}(?a, ?r) \wedge \text{inputRelation}(?b, ?r) \wedge \text{Federation}(?fn) \wedge \text{FOM}(?fom) \wedge \text{hasFOM}(?fn, ?fom) \rightarrow \text{Interaction}(?ic, ?nameR) \wedge \text{hasInteraction}(?fom, ?ic)$
4	Si se definen parámetros para una relación entre dos participantes, entonces la interacción asociada a la relación tendrá también dichos parámetros con igual nombre y tipo de datos.	$\text{Relation}(?r, ?nameR) \wedge \text{RelationParameter}(?rp, ?nameRP) \wedge \text{RelationParameter}(?rp, ?datatype) \wedge \text{hasParameter}(?r, ?rp) \rightarrow \text{Interaction}(?ic, ?nameR) \wedge \text{Parameter}(?p, ?nameRP) \wedge \text{Parameter}(?p, ?datatype) \wedge \text{hasParam}(?ic, ?p)$
5	Si un participante tiene asociado el rol de autoridad, entonces el federado asociado a dicho participante será el administrador de la federación.	$\text{SupplyChain}(?sc) \wedge \text{Participant}(?p) \wedge \text{composeOf}(?sc, ?p) \wedge \text{Authority}(?a) \wedge \text{hasRole}(?p, ?a) \rightarrow \text{Federation}(?fn) \wedge \text{Federate}(?f) \wedge \text{hasMember}(?fn, ?f) \wedge \text{Administrator}(?ad) \wedge \text{hasFunction}(?f, ?ad) \wedge \text{initiates}(?ad, ?fn)$

Tabla 1 – Reglas de Derivación

De esta manera a medida que se crean las instancias en la ontología *SCK*, por derivación se van generando valores de instancias y atributos en la ontología que representa el aspecto dinámico de la CS, la federación. Entonces, un modelador que conoce aspectos de CS, pero no tiene conocimiento sobre SD puede ir generando la misma a partir de conceptos conocidos de CS de una manera simple.

4. Trabajos Relacionados

La SD se utiliza como una herramienta para evaluar el rendimiento de distintos escenarios de operación de una CS. Modificar un escenario en una federación implica efectuar modificaciones sobre el FOM para que refleje el comportamiento del nuevo escenario. En la mayoría de los casos, estos cambios se realizan de forma manual a través de editores XML (W3C, 2015a) o editores OMT (IEEE, 2010c) los que son propensos a introducir errores humanos de interpretación. Además, estos editores no cuentan con los mecanismos para garantizar la integridad (contener todas las etiquetas requeridas) ni la consistencia (reflejar efectivamente el comportamiento de la federación a simular) del documento. A continuación, se presentan algunas investigaciones que brindan mecanismos para evitar este tipo de errores. Las mismas se han obtenido por medio de una búsqueda en la web de las palabras clave interoperabilidad y simulación distribuida. En (Jain et al., 2015) se presenta la generación del FOM a partir de las características que posee cada federado que integra la federación. En este trabajo los autores plantean reutilizar federados existentes. Así, utilizando el lenguaje SysML (Delligatti, 2013) se describen las características que cada uno va a consumir o producir en la federación. Luego, se definen relaciones entre las características a fin de determinar el nivel de semejanza entre las mismas. Finalmente, se utiliza un algoritmo para determinar cuáles son las características más parecidas, y éstas conforman el FOM. Si bien este enfoque construye el FOM, cuenta con un alto grado de intervención humana, no presenta mecanismos para garantizar la integridad, como así tampoco para verificar los diagramas modelados en SysML.

En (Jian, Yang, & ZiYang, 2017) se presenta una solución para la generación del FOM en el contexto de CS. En este caso, el FOM presenta tres interacciones que se relacionan con cuatro roles mediante las acciones de publicar/suscribir. Las interacciones como los roles definidos por los autores son tomados del modelo SCOR. Este enfoque permite construir de manera rápida una estructura de CS basada en HLA, pero el modelado se limita a tres interacciones predefinidas sin la posibilidad de representar los objetos que comparten los federados. Además, cada federado se vincula a una interacción mediante la acción predefinida a su rol, lo que imposibilita el uso de otras acciones o interacciones. Debido a estas limitaciones, resulta imposible verificar la integridad del FOM generado.

En (Zhu & Liu, 2014) se propone la generación del FOM a través de una ontología de dominio que conceptualiza componentes de simulación de federados, con la información que pueden brindar o necesitar. Para construir la federación, se fusionan las ontologías de dominio de los distintos federados que conforman la federación, en una ontología colaborativa. De este modo, se obtiene la información relativa a la federación. Esta fusión se hace empleando una función de semejanza definida por los autores. Una vez obtenida la ontología colaborativa, se generan ontologías de tareas para determinar quién publica y suscribe una interacción, como así también, los valores para los parámetros, atributos y propiedades de cada interacción u objeto. A partir de esta ontología se puede generar automáticamente el FOM con sus respectivos valores. Tanto las ontologías de dominio como la de tareas son creadas por los usuarios. Dicha tarea requiere el conocimiento necesario tanto de simulación como de ontologías.

En (Sun, Fan, Shen, & Xiao, 2012) se presenta un método de construcción de un modelo de interoperabilidad basado en ontologías el que permite el reúso de subsistemas en

varios contextos colaborativos de desarrollo. Se enfoca principalmente en el desarrollo colaborativo de productos. Se utiliza una ontología general (denominada meta ontología) para representar conceptos de HLA, del dominio de desarrollo colaborativo de productos y de las reglas de negocio. Dicha ontología se instancia con los datos del SOM de cada federado, del escenario a simular, por medio de un proceso automático (basado en un autómata de estado finito) definido por los autores. Finalmente, se chequea la consistencia de la ontología para verificar que no existan redundancias, sinónimos y posiciones incorrectas en las categorías. Esta ontología se denomina aplicable al escenario a simular, y es utilizada para la interoperabilidad entre los federados. Este enfoque apuesta a generar ontologías aplicables, para luego fusionarlas en una gran ontología colaborativa, que abarque la mayor cantidad de escenarios de desarrollo colaborativo de productos. Como desventaja se puede remarcar que no se presenta cómo utilizar la información de las ontologías aplicables, en la construcción del FOM, a pesar de remarcarse que para el reúso de federados existentes, se deben modificar las interfaces para que cumplen con lo definido en el FOM. Esta tarea disminuye la eficiencia del reúso, es demandante de tiempo y esfuerzo.

La Tabla 2 resume las diferencias entre el enfoque SCFHLA y las propuestas analizadas en relación a indicadores que fueron considerados prioritarios en este trabajo. En la Tabla 2, para la propiedad de interoperabilidad el número 1 representa el nivel sintáctico, el 2 el nivel semántico y el 3 nivel pragmático.

#	Propiedad	SCFHLA	Jian 2017	Sun 2012	Jain 2015	Zhu 2014	XML/ OMT
1	Vocabulario Comun	Si	Si	Si	Si	Si	Si
2	Intervención Humana	Baja	Media	Media	Alta	Alta	Alta
3	Garantiza Integridad	Si	No	Si	No	No	No
4	Garantiza Consistencia	Si	Si	No	Si	Si	No
5	Interoperabilidad	2	3	2	2	2	1

Tabla 2 – Comparación entre SCFHLA y otros modelos de interoperabilidad

5. Caso de Estudio

Para ejemplificar el uso de la red SCFHLA se presenta una CS llamada *Chair Co* dedicada a la producción y venta de sillas de caño. Esta cadena está formada por una fábrica, tres proveedores y tres clientes mayoristas. Los tres proveedores corresponden al proveedor de asientos, de caños y de pinturas. Los mismos reciben órdenes de suministro y entregan el producto a la fábrica. La fábrica, llamada *Sillaforte*, se dedica a fabricar sillas y venderlas a los mayoristas. Recibe los materiales desde sus proveedores, fabrica y vende a los mayoristas, de los cuales recibe las órdenes de compras. Los mayoristas son tres mueblerías que están distribuidas geográficamente, uno en Buenos Aires, otro en Mendoza y otro en Tucumán. La forma de trabajo de los mayoristas es el de mantener un determinado stock. La Figura 5 muestra la CS definida.

Usando la ontología SCK es posible obtener un modelo de la CS y definir en ella las distintas interacciones entre los participantes, tanto de materiales como de información. La construcción de este modelo conceptual permitirá obtener un modelo equivalente de simulación como se mostrará en este ejemplo.

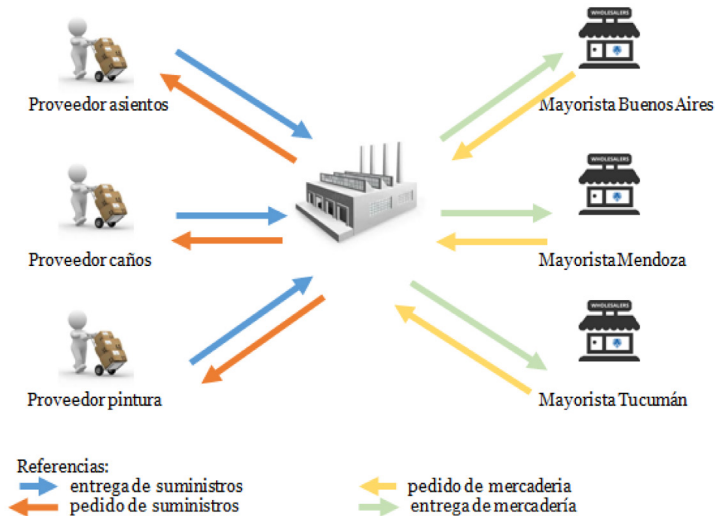


Figura 5 – Cadena de Suministro Chair Co

También es posible identificar las metas a perseguir y las fórmulas necesarias para evaluar el rendimiento. De este modo, se verifica si las metas están o no cumplidas, como también las relaciones entre los participantes. La Figura 6 muestra la instanciación de la ontología SCK representando la CS *Chair Co* como una instancia del concepto *SupplyChain* y de sus componentes, los cuales son instancias del concepto *Participant*. Se puede observar que se instanciaron los tres proveedores (P-asientos; P-pintura y P-caños), y los tres mayoristas (W-Bs.As., W-Tucumán, W-Mendoza). Todas estas instancias están relacionadas con la instancia de *SupplyChain* a través de la relación *composedOf*, que indica que forman parte de esa cadena. Una vez definidas las instancias se identifican las relaciones que hay entre ellas. Así, *Sillaforte* envía requerimientos de abastecimiento a sus proveedores y recibe de ellos el producto solicitado.

Para poder representar estas interacciones se define la relación *Rel-requerir pintura* que tiene asociado a *Sillaforte* a través de *outputRelation* y a *P-pintura* a través de *inputRelation* (*Sillaforte* a *P-Pintura*). Esto se repite para los otros proveedores. De igual forma, *P-Pintura* envía la mercadería solicitada a *Sillaforte*, que se representa con la relación *Rel-abastecer pintura* donde *Sillaforte* está asociada a través de *inputRelation*, y *P-Pintura* a través de *outputRelation* (*P-Pintura* a *Sillaforte*). Esto se repite para los otros dos proveedores. En la imagen de la Figura 7(a) sólo se presentan las relaciones con *P-Pintura*. Por otro lado, *Sillaforte* se relaciona con sus mayoristas, recibiendo solicitudes de abastecimiento y enviando el producto. En la Figura 7(a) sólo se muestra

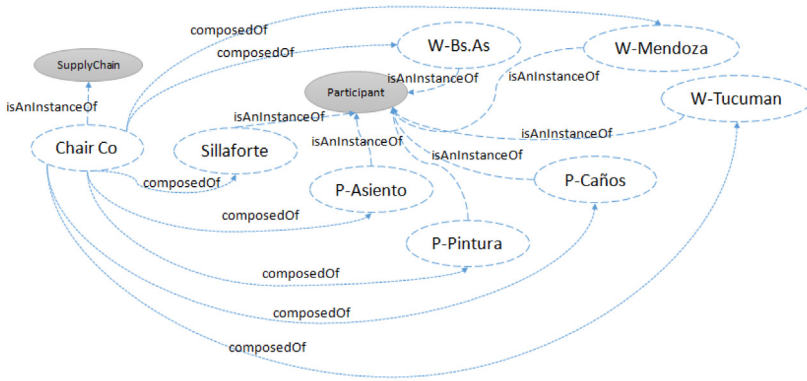


Figura 6 – Instancias de CS Chair Co y sus Participantes

las relaciones con *W-Mendoza*. Como en el caso anterior, la relación *Rel-requerir producto* tiene relacionado a *W-Mendoza* mediante *outputRelation* y a la fábrica a través de *inputRelation*; mientras que la relación de proveer mercadería (*Rel-proveer sillas*) se da a la inversa. En la Figura 7(a) se muestran los parámetros de las relaciones requerir producto y abastecer pintura.



Figura 7 (a) – Relaciones entre los Participantes

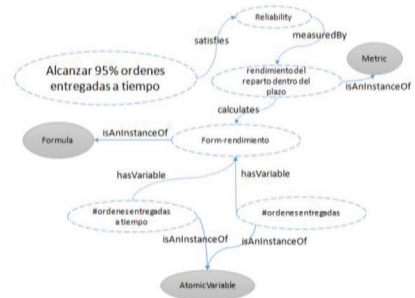


Figura 7 (b) – Definición de Métricas y Atributos de Performance

En la Figura 7(b) se muestra la definición de la meta perseguida: “alcanzar el 95% de las órdenes entregadas a tiempo”. Esta meta está asociada al atributo de performance *Reliability* y a una fórmula con dos variables: número total de órdenes entregadas y el número de órdenes entregadas a tiempo.

Una vez generado el modelo de la CS, es posible ejecutar las reglas de derivación de la Tabla 1, para generar las instancias en la ontología *HLAFed*. La Figura 8 muestra la

ejecución de las reglas 1, 2 y 3 donde se genera la instancia de la federación, las instancias de los federados (sólo se muestra para el caso de la fábrica), y la instancias de las interacciones correspondientes a las relaciones definidas entre los integrantes de la SC. Con relación a las fórmulas, usando las definidas en SCOR es posible escribir reglas en la ontología para su cálculo como muestra la siguiente regla: $\text{Formula}(\text{?p}, \text{"rendimiento del reparto dentro del plazo"}) \wedge \text{hasVariable}(\text{?p}, \text{?v1}) \wedge \text{hasVariable}(\text{?p}, \text{?v2}) \wedge \text{differentFrom}(\text{?v1}, \text{?v2}) \rightarrow \text{eval}(\text{?resultado}, (\text{v1/v2}) * 100, \text{?v1}, \text{?v2})$

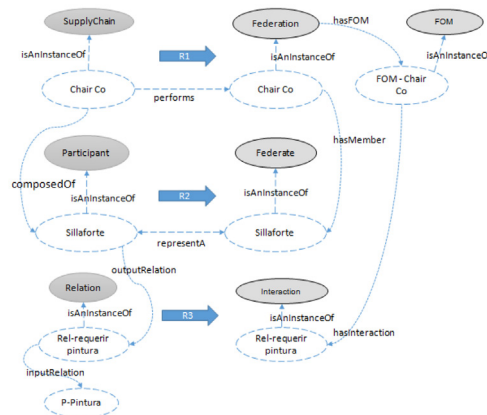


Figura 8 – Generación de Instancias en *HLA Fed* mediante Ejecución de Reglas de Derivación

6. Conclusiones y Trabajos Futuros

La SD tiene grandes ventajas a la hora de analizar y evaluar el funcionamiento de una CS entre ellas se mencionaron la modularidad, reúso de componentes e independencia de los miembros, siendo su principal desventaja la heterogeneidad de sus componentes. Para afrontar la necesidad de interoperabilidad entre los mismos, principalmente acordar sobre el modelo de datos a intercambiar durante una simulación, en este trabajo se presenta una red de ontologías. Por un lado, una ontología provee un vocabulario común sobre el cual acordar, definiendo la sintaxis y semántica de las interacciones entre componentes. Por otro lado, al plantear una red de ontologías, se promueve el desarrollo modular y colaborativo de las mismas facilitando su desarrollo, depuración y mantenimiento. Los conceptos modelados en la ontología SCK tienen por finalidad encontrar un vocabulario acorde para los expertos en CS que les permita estar alejados de los conceptos de simulación. De esta manera, el modelo de la cadena puede ser construido sin mayores dificultades en base a este vocabulario. Las reglas de derivación propuestas tienen la finalidad de facilitar la creación del modelo de simulación correspondiente que refleje fielmente la CS. Así una vez construido el modelo de la CS, se obtiene por ejecución de las reglas, el modelo equivalente con los conceptos de SD apropiados. Para facilitar la definición de métricas, se propone en la ontología utilizar las definidas en SCOR, como las presentadas en el ejemplo: *confianza de órdenes completadas* y *costo total de cumplimiento de una orden*. Como trabajo futuro se planea la definición de reglas que permitan asociar métricas, fórmulas y variables, a los parámetros a calcular durante la ejecución de la simulación.

Referencias

- Allocca, C., D'Aquin, M., & Motta, E. (2009). DOOR: Towards a Formalization of Ontology Relations. In *Proceedings of the International Conference on Knowledge Engineering and Ontology Development*, (Vol. 1, pp. 13–20), Funchal, Portugal. <https://doi.org/10.5220/0002276400130020>
- Anagnostou, A., & Taylor, S. J. E. (2017). A distributed simulation methodological framework for OR/MS applications. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 70, 101–119. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2016.10.007>
- Béhé, F., Galland, S., Gaud, N., Nicolle, C., & Koukam, A. (2014). An ontology-based metamodel for multiagent-based simulations. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 40, 64–85. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2013.09.002>
- Cigolini, R., Pero, M., Rossi, T., & Sianesi, A. (2014). Linking supply chain configuration to supply chain performance: A discrete event simulation model. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 40, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2013.08.002>
- Delligatti, L. (2013). *SysML Distilled: A Brief Guide to the Systems Modeling Language*. Boston: Addison Wesley.
- Díaz, A., Motz, R., & Rohrer, E. (2011). Making Ontology Relationships Explicit in a Ontology Network. In *Proceedings of the 5th Alberto Mendelzon International Workshop on Foundations of Data Management* (p. 13). Santiago, Chile.
- Gómez-Pérez, A., Fernandez-Lopez, M., & Corcho, O. (2010). *Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web. First Edition*. Berlin: Springer.
- Hofmann, M., Palić, J., & Mihelcic, G. (2011). Epistemic and normative aspects of ontologies in modelling and simulation. *Journal of Simulation*, 5(3), 135–146.
- IEEE. (2010a). *IEEE standard for modeling and simulation (M & S) high level architecture (HLA) federate interface specification*.
- IEEE. (2010b). *IEEE standard for modeling and simulation (M & S) high level architecture (HLA) framework and rules*.
- IEEE. (2010c). *IEEE standard for modeling and simulation (M & S) high level architecture (HLA) object model template (OMT) specification*.
- Jain, A., Fujimoto, R., Crittenden, J., Mengmeng, L., Kim, J., & Lu, Z. (2015). Towards automating the development of federated distributed simulations for modeling sustainable urban infrastructures. In *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference* (pp. 2668–2679). IEEE.
- Jian, W., Yang, H., & ZhiYang, W. (2017). Research on Modeling and Simulation of Distributed Supply Chain Based on HAS. In Y. Huang, H. Wu, H. Liu, & Z. Yin (Eds.), *Intelligent Robotics and Applications* (Vol. 10464, pp. 401–412). Springer Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65298-6_37
- Maedche, A. (2002). *Ontology Learning for the Semantic Web*. Springer US.

- Mezgár, I., & Rauschecker, U. (2014). The Challenge of Networked Enterprises for Cloud Computing Interoperability. *Computers in Industry*, 65(4), 657–674. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2014.01.017>
- Mustafee, N., Katsaliaki, K., & Taylor, S. J. (2014). A review of literature in distributed supply chain simulation. In *Simulation Conference (WSC), 2014 Winter* (pp. 2872–2883). IEEE.
- Mustafee, N., Taylor, S. J. E., Katsaliaki, K., & Brailsford, S. (2009). Facilitating the Analysis of a UK National Blood Service Supply Chain Using Distributed Simulation. *SIMULATION*, 85(2), 113–128. <https://doi.org/10.1177/0037549708100530>
- Mustafee, N., Taylor, S., Katsaliaki, K., Dwivedi, Y., & Williams, M. (2012). Motivations and barriers in using distributed supply chain simulation. *International Transactions in Operational Research*, 19(5), 733–751. <https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2011.00838.x>
- Piedra, N., Chicaiza, Janneth, Quichimbo, Pricila, Saquicela, Victor, Cadme, Elizabeth, López, Jorge, & Tovar, E. (2015). Marco de Trabajo para la Integración de Recursos Digitales Basado en un Enfoque de Web Semántica. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E3), 55–70. <https://doi.org/10.17013/risti.e3.55-70>
- Piedra, N., & Suárez, J. P. (2018). Hacia la Interoperabilidad Semántica para el Manejo Inteligente y Sostenible de Territorios de Alta Biodiversidad usando SmartLand-LD. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (26), 104–121. <https://doi.org/10.17013/risti.26.104-121>
- Pitch Technologies. (2017). Retrieved March 20, 2017, from <http://www.pitchtechnologies.com/>
- Portico. (2016). Retrieved June 30, 2016, from <http://www.porticoproject.org/comingsoon/>
- Staab, S., & Studer, R. (Eds.). (2009). *Handbook on Ontologies*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Sun, H., Fan, W., Shen, W., & Xiao, T. (2012). Ontology-based interoperation model of collaborative product development. *Journal of Network and Computer Applications*, 35(1), 132–144. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2011.02.012>
- Supply Chain Council. (2012). *SCOR*. Supply Chain Council.
- Tolaba, A. C., Caliusco, M. L., & Galli, M. R. (2014). Representación del Conocimiento de la Información Geográfica siguiendo un Enfoque basado en Ontologías. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (14), 101-116. <https://doi.org/10.17013/risti.14.101-116>
- Tolk, A., Bair, L. J., & Diallo, S. Y. (2013). Supporting Network Enabled Capability by extending the Levels of Conceptual Interoperability Model to an interoperability maturity model. *The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*, 10(2), 145–160. <https://doi.org/10.1177/1548512911428457>

- Tolk, A., Diallo, S. Y., & Padilla, J. J. (2012). Semiotics, entropy, and interoperability of simulation systems—Mathematical foundations of M&S standardization. In *Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2012 Winter* (pp. 1–12). IEEE.
- W3C. (2004, May). SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML. Retrieved June 27, 2017, from <https://www.w3.org/Submission/SWRL/>
- W3C. (2015a). Extensible Markup Language (XML). Retrieved April 6, 2016, from <https://www.w3.org/XML/>
- W3C. (2015b). OWL 2 Web Ontology Language Document Overview (Second Edition). Retrieved April 6, 2016, from <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/>
- Zeigler, B. P., & Hammonds, P. E. (2007). *Modeling & Simulation-Based Data Engineering: Introducing Pragmatics into Ontologies for Net-Centric Information Exchange* (1 edition). Burlington, MA: Elsevier Academic Press.
- Zhu, J., & Liu, L. (2014). A collaboration ontology modeling method for high level architecture. *Computer Modelling and New Technologies*, 18(12), 202–208.

Novos desafios em SI: A crescente importância dos processos ciber-físicos

Silvia Fernandes¹

sfernana@ualg.pt

¹ Faculdade de Economia & CIEO, Research Centre for Spatial and Organizational Dynamics, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

DOI: 10.17013/risti.30.51-61

Resumo: Os modelos de negócio e serviços têm sido desafiados pelos novos sistemas ciber-físicos, que combinam ambiente físico com digital. Estes têm levado a repensar os sistemas de informação (SI) e a arquitetura de processos. As empresas devem organizar o seu portefólio de SI de modo a conceber processos inteligentes que respondam rápida e criativamente aos novos desafios de trabalho e mercado. Uma arquitetura aberta, ágil, ativa e permeável ao contexto será muito útil. Se permitir serviços e interfaces bem concebidas, será possível uma correspondência contínua com as expectativas dos utilizadores e atividades resultando maior integração e personalização.

Palavras-chave: sistemas ciber-físicos, portefólio de SI, arquitetura de processos, arquitetura empresarial, indústria 4.

New challenges in IS: The increasing importance of cyber-physical processes

Abstract: Business models and services have been challenged by new cyber-physical systems that combine physical and digital environments. These have led to rethink information systems (IS) and process architecture. Companies should organize their IS portfolio to design intelligent processes that respond quickly and creatively to new job and market challenges. An open, agile, active, context-permeable architecture will be very useful. By allowing well-designed services and interfaces, it will be possible to continuously match users' expectations and activities resulting in greater integration and customization.

Keywords: cyber-physical systems, IS portfolio, process architecture, enterprise architecture, 4th industry.

1. Introdução

A tecnologia tem feito tanta diferença que a sua ligação com o capital humano tem feito emergir daí um enorme potencial. As tecnologias de informação (TI) constituem

a plataforma para as empresas desenvolverem sistemas de informação (SI) capazes de lidar com novos requisitos de gestão. Como por exemplo a habilidade crescente para explorar enormes volumes de dados em grandes bases de dados (*data warehouses*), usando ferramentas avançadas para relacionar dados (*data mining*), e para responder a necessidades mais variadas. Os desafios atuais incluem novos modos de apresentar ou entregar produtos/serviços, como os que combinam características físicas com digitais. Estas tendências implicam mudanças nos modelos de negócio e interfaces de utilizador, levando a repensar a estratégia de negócio e inovação. Assim, as empresas deveriam organizar os seus SI/TI de modo a desenvolver novas soluções que melhorem a sua posição competitiva no mercado.

Daí que o presente trabalho pretenda discutir uma abordagem ao planeamento do portefólio de SI. Este conceito refere-se ao conjunto de ferramentas e metodologias de SI/TI de suporte ao modelo de negócio e sua dinâmica. Esta abordagem incentiva a atenção para a gestão adequada desse portefólio, que deve assentar numa seleção e alinhamento regulares com os objetivos de negócio.

2. Inovação em Portugal

2.1. A economia Portuguesa

Em Portugal as empresas (maioritariamente de pequena e média dimensão) investem pouco em I&D (investigação e desenvolvimento) devido à sua menor capacidade financeira e organizacional. Assim, os SI são um importante recurso para a sua performance de negócio. Sobre os setores mais inovadores da economia Portuguesa que, de acordo com Sarkar (2014) tendem a estar mais orientados aos SI, o inquérito comunitário à inovação (CIS) fornece informação relevante. A União Europeia usa este instrumento para monitorizar o progresso da Europa em termos de inovação, o qual é conduzido por institutos de estatísticas nacionais. O CIS pretende recolher dados sobre inovação (de produto, processo, marketing e organizacional) diretamente das empresas. E explora como as empresas interagem com o seu ambiente externo de modo a obterem informação para novos projetos ou desenvolvimento de existentes.

Um CIS recente (CIS2012) revela que os setores mais inovadores em Portugal são de tipo: *research-based* (computação, engenharia civil, I&D) ou *knowledge-based* (seguros, saúde) ou *service-based* (comércio). As fontes/agentes mais utilizadas pelo primeiro tipo são universidades, pelo segundo são fornecedores e pelo terceiro são as empresas do grupo. Os clientes são recursos importantes em todos os tipos de setores apontados, o que revela que as empresas Portuguesas geralmente usam informação e relações com os clientes para objetivos de inovação. Estes resultados estão de acordo com o enfoque crescente no conhecimento e nos serviços, para os quais o design de interfaces é um recurso interessante. Interfaces de utilizador flexíveis permitem expandir o portefólio de SI e melhorar a inovação e inteligência de negócio (BI) (Sánchez-González e Herrera, 2014).

O portefólio de SI em que as empresas Portuguesas devem incidir, uma vez que a maioria tem pequena ou média dimensão e uma cultura de serviço, inclui ferramentas tais como CRM (gestão da relação com o cliente), ERP (sistemas integrados de gestão), analítica de *Big data* e sistemas móveis (Fernandes, 2013). Estas ferramentas, combinadas em

plataformas bem planeadas, contribuem para conceber e testar novos produtos/serviços, melhorar os processos existentes e criar novos processos. Dado o enorme potencial os gestores deveriam, não só estar familiarizados com essas tecnologias, mas também saber selecioná-las e alinhá-las com seus objetivos e envolvendo todos na organização.

2.2. Tendências nos SI

Muitas empresas Portuguesas têm usado sistemas financeiros que processam automaticamente faturas e relatórios a partir de folhas de dados (Fernandes, 2010). Contudo, face ao enorme volume de dados resultante de ter um website ou rede(s) social(is) associada(s), elas necessitam usar novas ferramentas para gestão big-data (Borrero e Gualda, 2013; Araújo e Cota, 2016). Um ERP pode ajudar, porque permite a integração de diferentes funções de negócio e dados, informando o *tracking* de produto, as preferências dos clientes, etc. Os fluxos de informação resultam mais rápidos e completos, contribuindo para um inventário consistente e uma resposta correta (Vasilev e Georgiev, 2003).

Os sistemas integrados permitem que a informação flua facilmente entre diferentes funções para desenvolver diferentes processos. A informação é então armazenada num único grande repositório (data warehouse), disponível a todas as unidades de negócio em todos os níveis de gestão. Todos os participantes podem ter a informação de que necessitam em tempo real (Laudon e Laudon, 2004). Por outro lado, as ferramentas de CRM consistem em funções analíticas para gerir a relação com os clientes e consolidar informação de diferentes fontes ou canais de comunicação. As empresas podem usar essa informação para adquirirem novos clientes, melhorarem seus produtos/serviços, personalizarem-nos de acordo com preferências dos clientes, etc. Estas interessantes ferramentas podem estar online através de infraestruturas nuvem (cloud) e advirem móveis e sensíveis ao contexto através de redes wireless e sensores.

Estes recursos e a sua interoperabilidade constituem uma área chave a ser explorada pelas empresas em diversos setores (saúde, turismo, banca, etc.). Porque a mesma permite inovar serviços, valorizar as preferências dos clientes e fornecer rápido conteúdo personalizado.

2.3. Importância da IoT

O potencial impressionante *cloud-wireless* (da rede sem fios com a computação nuvem) requer uma abordagem flexível à arquitetura de processos nas empresas. O objetivo principal é gerir a aderência a novos modelos de negócio suportados por tecnologias como IoT (*Internet-of-things*), big-data e apps (aplicativos) móveis. Isto é importante pois os futuros fundos estruturais de investimento da UE (União Europeia) assentam em desenvolver e corresponder estas forças às necessidades de mercado (European Commission, 2016).

Uma rede de dispositivos inteligentes pode ser configurada para melhorar o funcionamento de qualquer negócio e seus serviços. Por exemplo, no turismo, pode proporcionar uma melhor assistência aos turistas através de apps móveis que guiam a experiência de visitar um lugar, pela coordenação inteligente dos objetos desse lugar. Isso contribui para melhorar a impressão do turista e a qualidade da sua experiência.

Essas orientações móveis podem incluir detalhes sobre atrações locais, alojamento, restaurantes e assistência ao longo do resto da viagem.

Também o *empowerment* dos trabalhadores (ou dos clientes) é possível com as plataformas móveis, o que é relevante em atividades críticas como na área da saúde. Sensores interconectados, quer vestidos, quer embutidos no ambiente envolvente, tornam possível a recolha de informação relevante (Hassanalieragh et al., 2015; Niewolny, 2013; Tyagi et al., 2016).

3. Gestão do portefólio de SI

Existe um problema comum nas empresas, relacionado com o crescente volume de dados e de SI não integrados, afetando a performance da empresa. Uma razão é o facto de que o potencial de novas tecnologias (tais como *clouds*, websites, IoT, etc.) está longe de ser totalmente explorado. Isto levanta a necessidade da gestão de um portefólio adequado de SI na organização. Um objetivo disso é responder a necessidades de negócio de um modo inteligente e inovador (Robbins, 2006).

Tal como inicialmente referido, o presente trabalho incide em delinear uma abordagem ao portefólio de SI. Este conceito refere-se ao conjunto de ferramentas e metodologias (ERP, *clouds*, *social media*, *wireless*, apps, etc.) de suporte ao modelo de negócio. Esta abordagem destaca a necessidade de uma gestão adequada desse portefólio, orientada para a seleção e alinhamento regular com as perspetivas de negócio (figura 1).

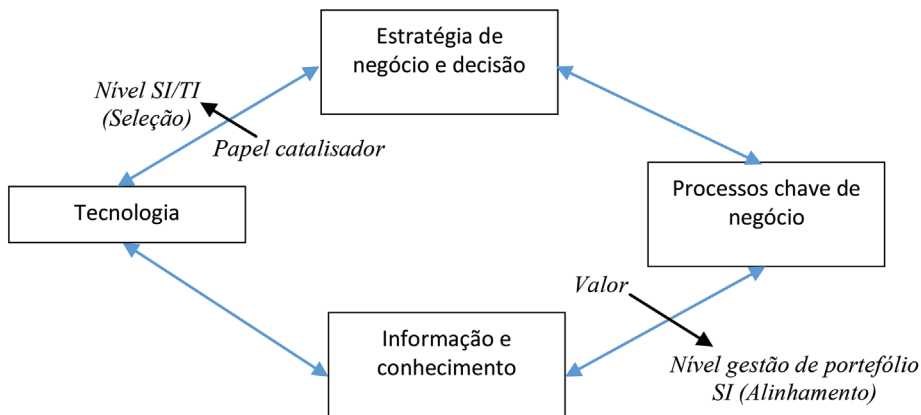


Figura 1 – Portefólio de SI e seu papel estratégico

Devidamente planeado e alinhado, ao nível dos processos, um portefólio de SI pode ser assim um catalisador (ou controlador) de valor para o modelo de negócio (Vanti et al., 2018).

3.1. Catalisador de valor: Como?

Em certas indústrias os SI têm sido diferenciadores estratégicos por vários anos (Laudon e Laudon, 2004). Assim, o desenvolvimento de produtos e serviços deve considerar as

oportunidades e limitações tecnológicas (papel catalisador). Um portefólio de SI que sustenta conhecimento e inteligência para os processos chave é crucial para o sucesso do negócio (valor acrescentado).

Uma *datawarehouse* é a base de dados mais apropriada, porque normalmente contém dados de todas as funções da organização. A figura 2 ilustra o caso Kraft foods como exemplo disso (Kraft, 2002).

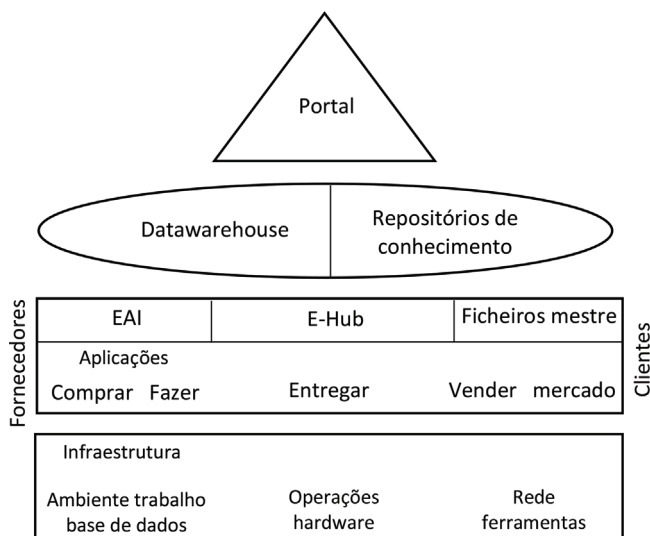


Figura 2 – Portefólio de SI no grupo Kraft foods

Muito se fala sobre ter uma datawarehouse (DW), datamining (DM) e data analytics (DA). Alguns autores, no entanto, sugerem que as expectativas associadas são mais altas do que aquilo que se retira efetivamente dessas ferramentas e técnicas. Embora a DA permita identificar vantagens competitivas, algumas destas não são exequíveis devido às grandes mudanças que envolvem (Laudon e Laudon, 2004; Ross et al., 2013). As empresas devem começar por conhecer bem os dados e ferramentas que já possuem, pois poucas tiram pleno partido das mesmas para responder a desafios do mercado. Isso requer uma prática diária, assente numa cultura baseada nos dados, envolvendo toda a organização.

As organizações precisam tirar vantagem dos seus dados operacionais e tomar decisões diárias com base neles. E daí, conceder acesso a todos os níveis da organização em tempo real, definir procedimentos e revê-los numa base regular. Desse modo estarão a decidir com base na evidência dos dados (Ross et al., 2013) e, se o fizerem, darão poder aos seus trabalhadores.

4. Importância da arquitetura empresarial

Os analistas de SI são aqueles que mais lidam com a necessidade de haver diálogo com as entidades que requerem um suporte adequado de SI. Nesse sentido, usam

modelos para representar a realidade que precisam avaliar, tal como um desenho estruturado ou arquitetura para rapidamente explorar uma solução (Ambler et al., 2005). Dada a velocidade de mudança que os SI instilam nos processos de negócio, devem ser então avaliados à luz da arquitetura de processos (Spewak e Hill, 1992), e mais amplamente da arquitetura empresarial. Isso consiste em definir e compreender os diferentes elementos que constituem a organização, seu modelo de negócio e processos, bem como estes se relacionam dentro e fora dela (Sousa et al., 2006). A gestão de portfólio dos atuais SI/TI requer uma crescente necessidade de modelizar os fluxos de dados e processos, para melhor discernir sua seleção e alinhamento com as perspectivas de negócio.

4.1. Arquitetura aberta

Existem vários modelos de arquitetura empresarial, cada um envolvendo uma abordagem ligeiramente diferente. Mas em cada modelo prevalece uma transição explícita do negócio para os SI, ou seja, dos objetivos e requisitos para as aplicações e sistemas. Contudo, essa transição pode ser menos explícita devido a requisitos e métodos abstratos do modelo de negócio ditados pelas ferramentas de TI. A conectividade móvel e extensiva está revelando que a fronteira entre a arquitetura empresarial (AE) e as aplicações tende para uma área (em vez de uma linha). Assim, uma maior flexibilidade é essencial para obter resultados mais diferenciadores (Nolle, 2016).

De acordo com Palli e Behara (2014), sem uma AE aberta haverá problemas tais como: falta de flexibilidade das soluções implantadas; inconsistências; redundâncias; não adoção de tecnologias emergentes; falta de integração e inter-operacionalidade de aplicações; etc.

Porque a AE tradicional é mais centrada na estrutura (*framework-centered*) do que orientada pelas ferramentas (*tool-driven*). A maior fatia da sua função é centrada na tecnologia. Enquanto a AE aberta (NGEA) é centrada no negócio, e daí é global, ágil e contínua.

A abordagem da AE tradicional tende a mudar para a NGEA (ou arquitetura digital), a qual envolve capacidades de rede tais como: interagir com utilizadores e outros agentes através de *social media*; globalização (empresa ‘sem fronteiras’); inovação de produto/serviço (inovação aberta e virtual); colaboração (empregados no processo de decisão, trabalho móvel); e flexibilidade (para escolher tecnologias, infraestrutura e aplicações). Dessa maneira, as organizações adotam as últimas capacidades digitais como *social web*, *service-oriented architecture* (SOA), *big-data analytics*, *cloud computing*, virtualização, IoT, etc. (Palli e Behara, 2014) – figura 3.

Por sua vez, os resultados da AE devem integrar-se com o planeamento de negócio e o enfoque no modelo de negócio, definindo métricas de retorno. E a definição do retorno da AE não deveria estender-se por anos, mas sim devolver valor ao negócio em meses ou semanas.

Atualmente os SI tendem a ser cada vez mais ciber-físicos para corresponderem ao desafio da ‘transformação digital’ das empresas e das economias. Tais sistemas híbridos permitem descentralizar e monitorizar processos físicos entre os colaboradores da cadeia de fornecimento, independentemente do seu lugar e função. Estes sistemas tornam-se

IoT, comunicando e cooperando entre si e com os humanos em tempo real via wireless. Assim a percepção (ou sensibilidade) ao contexto é mais uma variável a contemplar.

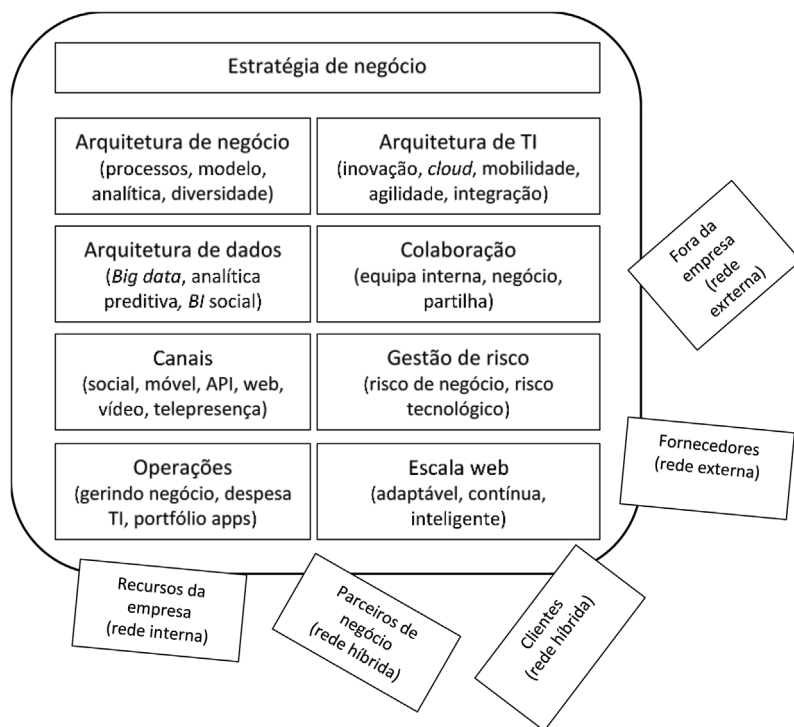


Figura 3 – Modelo de AE de próxima geração (NGEA)

4.2.O contexto nos processos ciber-físicos

A figura 4 ilustra a importância da NGEA para uma correspondência de percepção de contexto: a percepção e experiência do utilizador têm a ver com as expectativas do mesmo as quais a empresa e seus SI, se forem sensíveis ao contexto, capturam por input sensorial (sensores). Por isso, uma AE aberta deve considerar a abordagem do utilizador dirigir a reação dos sistemas empresariais (Schmidt, 2013).

Uma grande variedade de sensores pode ser usada para captar informação contextual. Alguns exemplos de sensores usados são: GPS (para localização, velocidade); luz e visão (para detetar objetos, atividades); microfones (para dados sobre ruído, falas); giroscópios (para movimento, orientação); sensores magnéticos (para determinar orientação); sensores táteis (para detetar interação com o utilizador); sensores de temperatura (para avaliar ambientes); etc. (Schmidt, 2013).

Outros sensores servem para detetar o contexto fisiológico do utilizador, como por exemplo para captar respostas da pele. As suas medições podem ser usadas para avaliar reações da pele (por exemplo surpresa, etc.). Estes tipos de sensores disponíveis podem ser usados para alimentar os SI empresariais com informações de contexto.

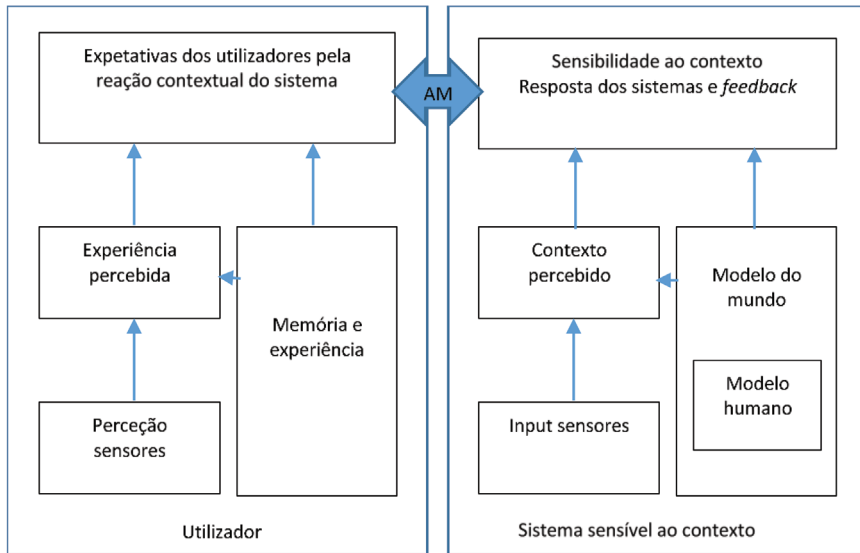


Figura 4 – Modelo de NGEA com correspondência de percepção

Esta variedade de tecnologias (cloud, wireless, sensores, etc.) permite assim criar sistemas que podem atuar consoante diferentes contextos. Se forem bem delineados, eles corresponderão melhor às expetativas dos utilizadores no seu contexto. É também essencial que os utilizadores compreendam o comportamento variável das aplicações e saibam como usá-las nas situações em que se encontram.

4.3.Caso na indústria 4

Uma das grandes razões do progresso dos sistemas ciber-físicos é a sua utilização em áreas em expansão como a realidade aumentada e a indústria 4. A procura por produtos/serviços personalizados cresceu significativamente nos últimos anos, o que exigiu profundas alterações nos processos de produção da indústria tradicional. De forma a passarem a existir linhas de produção dinâmicas e flexíveis, tais sistemas permitem estabelecer linhas capazes de produzir produtos personalizados em larga escala. A adaptação dos formatos de produção foi um desafio para os produtores, cujos custos elevados e soluções limitadas tornaram-se um problema que vários estudos tentaram resolver.

O avanço tecnológico permitiu explorar soluções viáveis mais simples e eficazes. Isto consegue-se através da integração de tecnologias da informação com a engenharia de controlo nos processos de produção, assentando em IoT e sistemas ciber-físicos (figura 5). No caso estudado por Ramião (2017), propõe-se a utilização de uma arquitetura modular para gerir e controlar descentralizadamente os sistemas de produção com tecnologia *plug&produce*. Por serem sistemas que integram o mundo físico com aplicações computacionais, permitindo criar módulos (grupos de aplicações) com capacidade de funcionamento autónomo e distribuído, há a necessidade para isso de middleware para sincronização (como por exemplo o CiberSens).

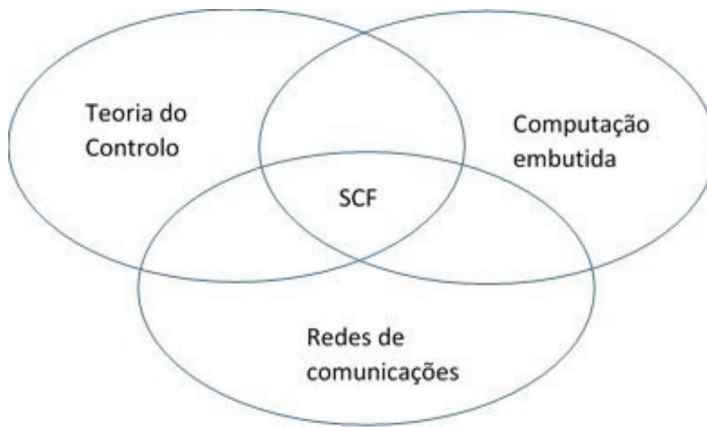


Figura 5 – Áreas integrantes dos sistemas ciber-físicos (SCF)

A utilização de dispositivos IoT e sistemas multiagentes permitem um controlo dinâmico e flexível de linhas de montagem mantendo um custo relativamente baixo. A arquitetura proposta por Ramião (2017) responde afirmativamente à questão de ser possível desenhar um módulo de produção a um custo reduzido, capaz de abstrair um componente de produção e oferecer uma solução de controlo flexível. As características dessa arquitetura - como modularidade, capacidade de *plug&produce*, e sistema descentralizado e hierárquico - permitem que um sistema possa ser reorganizado de acordo com as necessidades de produção. Isso só é possível devido à utilização de uma arquitetura ciber-física de produção modular onde cada bloco do sistema (módulo) pode ser realocado ou substituído de acordo com as necessidades correntes. Mais uma vez o recurso prévio à arquitetura aberta de processos será uma mais-valia neste tipo de projetos.

Os sistemas tradicionais de controlo industrial normalmente têm um preço mais elevado e as características dos sistemas centralizados, dificultando muito a produção de produtos altamente personalizáveis.

5. Conclusão

A natureza dos processos de negócio está a mudar, devido frequentemente à velocidade de mudança das tecnologias de informação. Isso tem trazido muitos desafios às organizações e sociedade. Tais desafios culminam em dois principais vetores (*drivers*): mobilidade e conectividade. Estes levam à necessidade de um modelo de trabalho (arquitetura) para planear e facilitar o alinhamento com as perspetivas de negócio e sistemas existentes.

Uma arquitetura de processos aberta da empresa e do seu plano, fácil de compreender e comunicar, pode ajudar a identificar a estrutura consistente com a missão da empresa, objetivos e produtos/serviços pretendidos. É especialmente desenvolvida com base em objetos como: processos (funcionais e transversais, internos e externos); recursos (funcionais e transversais, internos e externos); contexto e outputs (internos e externos).

Contudo, devido à heterogeneidade daqueles objetos e dos dados que os caracterizam, dois dos aspetos mais prementes hoje são a sua integração e conectividade. Várias ferramentas da chamada transformação digital (IoT, sistemas ciber-físicos e móveis) podem contribuir para alcançar elevados níveis de flexibilidade e personalização com as capacidades da cadeia de valor. E podem assim ajudar na criação de novas fontes de inovação e retorno por suportarem a produção inteligente de produtos/serviços.

Dado o seu enorme potencial, que pode levar à reconfiguração dos modelos de trabalho e negócio, os gestores devem estar familiarizados com tais ferramentas. E também estar envolvidos com sua seleção, adoção e alinhamento desde o início.

Este artigo é financiado pelo fundo nacional da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia através do projeto UID/SOC/04020/2013.

Referências

- Ambler, S., Nalbone, J., & Vizados, M. (2005). *The Enterprise Unified Process: Extending the Rational Unified Process*. New Jersey: Prentice Hall.
- Araújo, V., & Cota, M. (2016). Software como um serviço: Uma visão holística. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (19), 145–157. Doi: 10.17013/risti.19.145–157.
- Borrero, J., & Gualda, E. (2013). Crawling big data in a new frontier for socioeconomic research: Testing with social tagging. *Journal of Spatial and Organizational Dynamics*, 1(1), 3–24.
- European Commission (2016). *Smart regions conference*. Disponível em http://ec.europa.eu/regional_policy/en/conferences/smart-regions/ (acedido em 23 de Outubro de 2017).
- Fernandes, S. (2010). Critical information as a success factor in organizations: Objective and methodological approach. *Spatial and Organizational Dynamics Discussion Papers*, 2, 69–82.
- Fernandes, S. (2013). Aligning technology with business: A continuous effort. *Spatial and Organizational Dynamics Discussion Papers*, 12, 26–37.
- Hassanalieragh, M., Page, A., Soyata, T., Sharma, G., Aktas, M., Mateos, G., Kantarci, B., & Andreescu, S. (2015). Health monitoring and management using internet-of-things (IoT) sensing with cloud-based processing: Opportunities and challenges. Paper presented at the *IEEE International Conference on Services Computing*, New York, USA.
- Kraft (2002). *Information systems portfolio management*. Disponível em <http://www.kraftfoodsgroup.com/home/index.aspx> (acedido em 12 de Junho de 2017).
- Laudon, C., & Laudon, J. (2004). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*. Boston: Prentice Hall.
- Niewolny, D. (2013). *How the internet of things is revolutionizing healthcare*. Disponível em https://cache.freescall.com/files/corporate/doc/white_paper/IOTREVHEALCARWP.pdf (acedido em 21 de Outubro de 2017).

- Nolle, T. (2016). *Enterprise architecture model helps to maximize mobile empowerment*. Disponível em http://searchsoa.techtarget.com/tip/Enterprise-architecture-model-helps-to-maximize-mobile-empowerment?utm_medium=EM&asrc=EM_NLN_65809390&utm_campaign=20161007_Enterprise%20architecture%20holds%20the%20secret%20to%20mobile_fchurchville&utm_source=NLN&track=NL-1806&ad=910397&src=910397 (acedido em 21 de Outubro de 2017).
- Palli, P., & Behara, G. (2014). *Enterprise architecture: A practitioner view*. Disponível em <https://blog.opengroup.org/2014/09/17/enterprise-architecture-a-practitioner-view/> (acedido em 11 de Setembro de 2017).
- Ramião, A. (2017). *Sistema ciber-físico de produção modular usando Raspberry Pi*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Robbins, S. (2006). *Organizational Behavior*. Canada: Prentice Hall.
- Ross, J., Beath, C., & Quaadgras, A. (2013). *You may not need big data after all*. Disponível em <https://hbr.org/2013/12/you-may-not-need-big-data-after-all> (acedido em 11 de Setembro de 2017).
- Sánchez-González, G., & Herrera, L. (2014). Effects of customer cooperation on knowledge generation activities and innovation results of firms. *Business Research Quarterly*, 17(4), 292–302. Doi: 10.1016/j.brq.2013.11.002.
- Sarkar, S. (2014). *Entrepreneurship and Innovation*. Portugal: Escolar Editora.
- Schmidt (2013). *Context-aware computing*. Disponível em <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/context-aware-computing-context-awareness-context-aware-user-interfaces-and-implicit-interaction> (acedido em em 23 de Outubro de 2017).
- Sousa, P., Caetano, A., Vasconcelos, A., Pereira, C., & Tribolet, J. (2006). Enterprise architecture modeling with the unified modeling language, In P. Ritten (Ed.), *Enterprise modelling and computing with UML*. Hershey: IIRM Press.
- Spewak, S., & Hill, S. (1992). *Enterprise Architecture Planning: Developing a Blueprint for Data, Applications and Technology*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Tyagi, S., Agarwal, A., & Maheshwari, P. (2016). A conceptual framework for IoT-based healthcare system using cloud computing. Paper presented at the *International Conference on Cloud System and Big Data Engineering*, Noida, India.
- Vanti, A., Solana-González, P., & Seibert, R. (2018). Gobernanza corporativa y gobernanza corporativa de TI utilizando Analytic Hierarchy Process en la creación de valor. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (27), 86–108. Doi: 10.17013/risti.27.86–108.
- Vasilev, J., & Georgiev, G. (2003). Tendencias in the development of ERP systems. Paper presented at the *International Conference on Computer Systems and Technologies*, Sofia, Bulgaria.

Mecanismo de control de congestión para transferencias de datos en Multicast múltiple

Raúl H. Palacios^{1, 2}, María Balseca⁴, Víctor Gallo³, Nilo Andrade⁵, Juan-Carlos Pisco³, Fabricio Marcillo^{2,3}

raulhp@ugr.es, maria.balseca@itsjba.edu.ec, vgallo@uteq.edu.ec, nilo.andrade@uleam.edu.ec, jpisco@uteq.edu.ec, fmarcillo@uteq.edu.ec

¹ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Huejutla, CP. 43000, Huejutla, México.

² Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y Comunicación, Granada, CP. 18014, Granada, España.

³ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad Ciencias de la Ingeniería, CP. 120501, Quevedo, Ecuador.

⁴ Instituto Tecnológico Juan Bautista Aguirre, Daule, CP. 090601, Guayas, Ecuador.

⁵ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Chone, CP. 130301, Manabí, Ecuador.

DOI: 10.17013/risti.30.62-77

Resumen: En la actualidad es común compartir gran cantidad de información entre los sistemas y los mecanismos de control de congestión son indispensables para evitar la saturación en las redes de datos. Aunque se han propuesto diferentes mecanismos, las investigaciones actuales siguen siendo de interés en este campo de la ciencia. En este artículo, se propone un mecanismo de control de congestión basado en ventana (*window-based*) para transferencias de datos en escenarios de multicast múltiple. El algoritmo propuesto tiene como objetivo principal evitar la pérdida de paquetes manteniendo un equilibrio en la tasa de envío de los emisores. Además, el algoritmo constantemente analiza el estado de saturación del conmutador y de los nodos receptores considerando la tecnología de almacenamiento utilizada. Experimentos y análisis muestran que se consigue un ancho de banda agregado de red considerablemente alto, se evita en medida de lo posible la retransmisión de paquetes perdidos, aun cuando en el sistema de pruebas existe tráfico de red adicional.

Palabras-clave: control de congestión; UDP; múltiple multicast; multicast.

Congestion control mechanism for data transfers in multiple Multicast

Abstract: Currently, it is common to share a lot of information between systems and congestion control mechanisms are essential to avoid saturation in data networks. Although different mechanisms have been proposed, current research follows a focus on this area of science. In this paper, we propose a window-based congestion control mechanism for data transfers in multiple multicast scenarios. The main purpose of the proposed algorithm is to avoid packet loss maintaining a balance in the sending rate of senders. In addition, the algorithm continually analyzes

the state of the saturation of the switch and of the receiver nodes considering the storage technology used. Analysis and experiments show that a considerably high network bandwidth is achieved, retransmission of lost packets is avoided as much as possible, even though there is additional network traffic in the test system.

Keywords: congestion control; UDP; multiple multicast; multicast.

1. Introducción

En el campo de la informática, las comunicaciones permiten el intercambio de datos entre computadores. En los inicios, la comunicación se realizaba entre una única fuente y un único destino. Con la evolución constante de las tecnologías de comunicación se ha alcanzado un progreso notable permitiendo el envío de datos desde una fuente a múltiples destinos simultáneamente, conocido como comunicación multicast. La utilización y aprovechamiento de estas comunicaciones siguen teniendo auge en la actualidad y continúan siendo un tema de interés para la investigación. La comunicación que se realiza en una red de computadores es esencial para los sistemas actuales que requieren transferencias entre estos, por citar un ejemplo se mencionan los sistemas de almacenamiento distribuido. Por otro lado, en (Wittmann & Zitterbart, 2000) se muestra un ejemplo de la contribución de las comunicaciones multicast como éxito importante.

Habilitar el tráfico multicast implica utilizar el protocolo UDP para el transporte de los datos. Esto tiene como desventaja que no existe fiabilidad en la entrega de los datos. A diferencia del protocolo TCP que es un protocolo orientado a conexión y que mantiene sus propios mecanismos (Ait-Hellal & Altman, 2000; Ha, Rhee, & Xu, 2008; Leith, Shorten, & McCullagh, 2008; Xu, Harfoush, & Rhee, 2004) que garantizan la entrega de los datos a todos los destinos. Aunque al utilizar UDP para permitir el tráfico multicast garantiza la entrega a diferentes destinos simultáneamente con menor consumo de recursos de cómputo, existen dos desventajas destacables: 1) *pérdida de paquetes*: es posible la pérdida de paquetes debido a la saturación en la red, además de que se trata de un protocolo no orientado a conexión; 2) *congestión*: la falta de mecanismos para ajustar la tasa de envío puede dar lugar a la congestión de la red. Consecuentemente, para el desarrollo de aplicaciones basadas en multicast es necesario considerar aspectos de: fiabilidad, control de flujo, *control de congestión* y gestión de grupos.

El mecanismo de control de congestión permite prevenir la saturación en la red (específicamente en el conmutador) o en el búfer de los nodos receptores (típicamente debido a los discos lentos - HDD). En un entorno multicast es conveniente conocer información detallada de los receptores, tal como, capacidad actual de búfer de recepción, direcciones multicast desde donde se reciben datos, velocidad de escritura en disco (disco HDD o SSD), etc., con esto se facilita el flujo de datos desde varios emisores y utilizar esta información como medida preventiva para la congestión, de tal manera que sea posible garantizar la fiabilidad en la entrega de los datos a todos los receptores. Como ejemplo, en un sistema de almacenamiento distribuido el control de congestión juega un papel importante debido a que el tráfico generado por estos sistemas suele ser elevado y persistente en la red cuando se trata de envíos muy grandes como es el caso del sistema de ficheros Hadoop Distributed File System (HDFS) diseñado para almacenar conjuntos de datos muy grandes de manera confiable y transmitirlos a un ancho de

banda alto a las aplicaciones de los usuarios (Borthakur, 2008; Shvachko, Kuang, Radia, & Chansler, 2010). Al igual aplicaciones en entornos tales como (Díaz, Muñoz, 2018; Palos-Sánchez, Arenas-Márquez, Aguayo-Camacho, 2017) se podrían beneficiar.

El presente artículo se centra en la implementación de un mecanismo de control de congestión para comunicaciones multicast múltiple evaluado en un entorno real de red de ordenadores, es decir, se evalúa con tráfico real, a diferencia de las diversas propuestas existentes en la literatura de mecanismos de control de congestión que se desarrollan en entornos simulados.

En la siguiente sección se mencionan algunos trabajos que tienen relación con nuestra propuesta. Posteriormente en la sección 3., se describe en mayor detalle el algoritmo propuesto. Seguido de la sección 4 con la evaluación y análisis de la propuesta y, al finalizar se dan las conclusiones observadas en el presente artículo.

2. Trabajo relacionado

En la literatura revisada (Fall & Stevens, 2011; Wittmann & Zitterbart, 2000) se ilustra que los mecanismos de control de congestión son basados en ventana (*window-based*) y en tasa de envío (*rate-based*) y que son ampliamente utilizados por el protocolo TCP, tales como BIC (Xu et al., 2004), CUBIC, Reno, Vegas, por mencionar algunos.

Con el fin de dar a conocer un poco más el campo de aplicación de las comunicaciones multicast, en el presente trabajo se ha analizado una serie de protocolos de comunicación (mejor conocidos como Protocolo Multicast Fiable, RMP – Reliable Multicast Protocol), específicamente se muestra el mecanismo de control de congestión implementado, según (Fall & Stevens, 2011; Wittmann & Zitterbart, 2000), para cada uno de estos protocolos. Como se puede observar en la Tabla 1, los protocolos PGM (Gemmell, Montgomery, Speakman, & Crowcroft, 2003), RMTP (Paul, Sabnani, Lin, & Bhattacharyya, 1997) y TMTP (Yavatkar, Griffoen, & Sudan, 1995) utilizan implementaciones propias o no especifican sobre qué mecanismo han basado la implementación, mientras que RDCM (D. Li et al., 2014) y NORM (Adamson, Bormann, Handley, & Macker, 2009) se enfocan en los principios de BIC y TCP-Friendly, respectivamente, adaptados a comunicaciones multicast. En cambio, los protocolos (no se mencionan en la Tabla 1) CooPNC (Miliotis, Alonso, & Verikoukis, 2014), VCMTP (J. Li & Veeraraghavan, 2012), LBRM (Holbrook, Singhal, & Cheriton, 1995) y en (Kasera, Hjálmtýsson, Towsley, & Kurose, 2000) no especifican implementación de mecanismo de control de congestión.

Protocolo	Control de congestión	Según TCP
RDCM	Window-based	BIC
NORM	Rate-based	TCP-Friendly
PGM	Window-based	TCP-Friendly
RMTP	Window-based	slow-start
TMTP	Window-based Rate-based	-

Tabla 1 – Control de congestión implementado en los RMP.

A continuación, se describe específicamente los algoritmos de control de congestión expuestos en la Tabla 1.

RDCM mantiene un control de congestión ajustando la tasa de envío del emisor donde la tasa de envío no debe ser mayor a la tasa de recepción del lado receptor. Para ello, se implementa un mecanismo de control de congestión basado en ventana donde cada receptor mantiene una ventana de congestión individual. El tamaño de la ventana se actualiza usando el algoritmo BIC (Xu et al., 2004) y la pérdida de paquetes se usa como señal de congestión. Idealmente, cada receptor puede: *a)* detectar inmediatamente pérdida de paquetes en el momento que ocurre, *b)* actualizar la ventana de congestión y enviar al nodo emisor.

Por otro lado, en el protocolo NORM se especifica un mecanismo de control de congestión, NORM-CC, basado en el esquema de TCP-Friendly multicast (TFMCC). La transmisión de datos en NORM se basa en tasa de envío a diferencia de los algoritmos de control de congestión basados en ventana como es el caso de TCP. El funcionamiento de NORM-CC básicamente el receptor que experimenta pérdida de paquetes que corresponde a la tasa de envío calculada más baja se identifica como el receptor actual con mayor limitación de recepción de paquetes (Current Limiting Receiver – CLR). Como medida principal para el funcionamiento del algoritmo de control de congestión, el emisor en NORM transmite mensajes periódicamente que contienen información de control para conocer el estado de los receptores. Estos responden con mensajes de retroalimentación para determinar el estado de congestión y con ello ajustar la tasa de envío de los emisores.

Mientras en el protocolo PGM se presenta un esquema de control de congestión, PGMCC, para comunicaciones multicast de tasa de envío única (single-rate) compatible con TCP. PGMCC es un mecanismo de control de congestión basado en ventana y tiene como objetivo principal hacer que el emisor no transmita más rápido que el receptor más lento dentro del sistema. PGMCC funciona de tal manera que el emisor monitorea continuamente la información recibida en mensajes NAK desde los receptores. La información que proporcionan los receptores es fundamental para PGM y consta de: *a)* identidad del receptor, *b)* último número de secuencia recibido, y *c)* tasa de pérdida de paquetes en el nodo local.

En cuanto al protocolo RMTP, utiliza un mecanismo de control de congestión basado en ventana donde el emisor utiliza una ventana de congestión *cong_win* para reducir la velocidad de transmisión cuando existe congestión en el sistema. El mecanismo implementado utiliza un procedimiento de ajuste lineal de ventana llamado *slow-start* que se utiliza en implementaciones de TCP. Básicamente, el emisor usa un inicio lento en espera de reconocimientos positivos (ACK) desde los receptores.

En el protocolo TMTP utiliza una combinación de técnicas basadas en tasa de envío y en ventana. El componente basado en tasa de envío prohíbe a los emisores enviar datos a una tasa mayor que la tasa máxima de transmisión predefinida. La tasa máxima de transmisión se define al momento de crear el grupo multicast y nunca cambia. Mientras que, en el mecanismo basado en ventana disminuye la tasa de envío dividiendo el tamaño de la ventana y retrasando las retransmisiones el mayor tiempo posible, lo cual aumenta la posibilidad de recibir un acuse ACK de recibido.

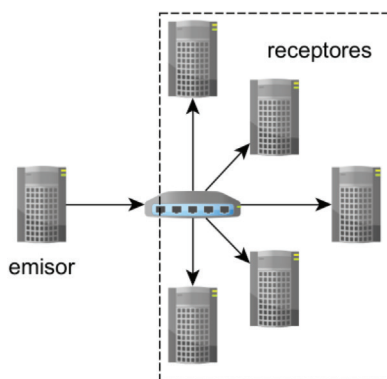


Figura 1 – Configuración básica para envíos multicast

Como se puede observar en el análisis previo, las implementaciones se realizan siguiendo los principios de los algoritmos de control de congestión utilizados en TCP. Al mismo tiempo, las implementaciones tienen un enfoque de transmisión de datos en el que un emisor envía datos a diferentes receptores, tal como se muestra en la Figura 1., y en ocasiones utilizan una configuración en árbol para hacer la distribución de los datos (D. Li et al., 2014). En cambio, en el escenario de estudio para evaluar nuestra propuesta se busca utilizar al máximo todos los recursos existentes en el sistema de tal manera que los nodos tengan las funciones de emisor/receptor. Por lo tanto, nuestro mecanismo de control de congestión analiza constantemente el estado de los nodos, del conmutador y considera la tecnología de almacenamiento utilizada para ajustar la tasa de transferencia desde los emisores.

3. Mecanismo de control de congestión

Típicamente, los sistemas actuales de almacenamiento distribuido se ejecutan en entornos de clúster de computadores, donde las transferencias de datos son elevadas. Aunado a esto, cuando existen múltiples transferencias multicast simultáneamente, la pérdida de paquetes se podría originar cuando:

- El búfer del conmutador se satura debido al tamaño pequeño de estos (en nuestro caso 1 Mbyte).
- El sistema operativo no tiene la capacidad de gestionar los paquetes recibidos.
- La aplicación no puede procesar todo el tráfico multicast cuando se utilizan discos lentos.

Siendo así, en el presente trabajo se propone un mecanismo de control de congestión basado en ventana para escenarios donde se requiere hacer múltiples transferencias multicast. Además, el mecanismo propuesto monitorea constantemente el estado del búfer del conmutador y la tecnología de almacenamiento utilizada en el sistema, tal como se muestra en la Figura 2, en la que se asume que, en la configuración un nodo receptor podría recibir datos desde uno, dos o tres emisores simultáneamente.

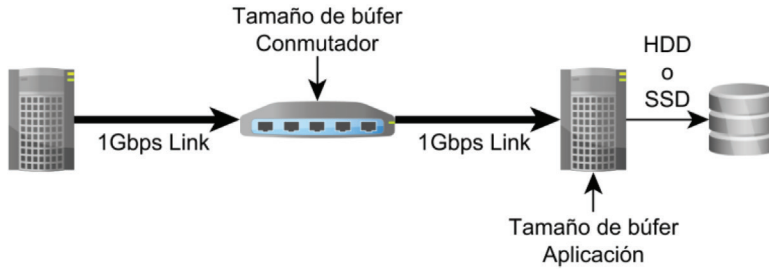


Figura 2 – Posibles puntos de congestión en transferencias multicast

3.1. Detalles de la implementación

La implementación se ha desarrollado en lenguaje C en la distribución CentOS de Linux. Se ha desarrollado la codificación del cliente y del servidor donde reside el mecanismo de control de congestión propuesto. Ambas aplicaciones utilizan sockets UDP para habilitar el tráfico multicast. Básicamente los clientes, reciben datos y los escriben en disco, y cada determinado tiempo envían información de control para ajustar la tasa de envío por el mecanismo de control de congestión propuesto en el lado de los emisores.

La información de control se envía desde los receptores a los emisores a través de un paquete Broadcast (ver Figura 3).

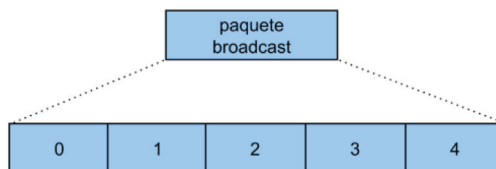


Figura 3 – Campos incluidos en el paquete broadcast con información de control

Los campos de la Figura 3 se describen a continuación para una mejor comprensión del funcionamiento del mecanismo de control propuesto.

1. *marca de tiempo*: almacena la marca de tiempo cuando el algoritmo prepara el paquete Broadcast a enviar.
2. *último paquete recibido (upr)*: almacena la secuencia del último paquete recibido.
3. *total de paquetes recibidos (tpr)*: contabiliza el total de paquetes recibidos en el socket.
4. *total de paquetes perdidos (tpp)*: contabiliza el total de paquetes perdidos.
5. *bytes escritos en disco (bed)*: almacena el total de bytes escritos en el disco.

El mecanismo de control de congestión es usado para prevenir o evitar la congestión de la red. Para lograrlo se apoya del uso de:

- *reconocimientos negativos (NAK)*: de tal manera que los receptores solo envían solicitud de retransmisión cada vez que se pierde un paquete.
- *ventana de congestión*: se utiliza una ventana de congestión adaptativa de acuerdo a la configuración del sistema, primordialmente cuando los receptores se asocian a diferentes direcciones multicast (descrito en la sección 3).

Debido al tamaño reducido del búfer del conmutador, éste podría ser la principal causa de pérdida de paquetes cuando los emisores envían datos a la máxima capacidad de envío (en nuestro caso se ha utilizado una red Gigabit que puede alcanzar una tasa de envío de hasta 120MB/s en cada emisor). En el algoritmo, para resolver esta situación se aprovecha la información de control que se envía desde los receptores a los emisores, de tal manera que se calcula la diferencia *upr* (número secuencia del *último paquete recibido* en el receptor) y *upe* (número de secuencia del *último paquete enviado* en el emisor). La siguiente ecuación simple ilustra el cálculo de la diferencia mencionada: $\Delta T_x R_x = upr - upe$ y se calcula en el lado del emisor.

El mecanismo de control de congestión se calcula en el lado del emisor y de manera periódica recibe información de control desde los receptores. Cada paquete con información de control (Figura 3) se computa en tiempo real por cada hebra de recepción en cada receptor y se envía a los emisores y la información solo se procesa en los emisores correspondientes. Una vez que la información sea procesada en el mecanismo de control de congestión de los emisores, se calcula lo siguiente considerando el número de emisores:

1. tasa máxima de envío de datos (o tasa de envío crítica) sin pérdida de paquetes, la tasa de envío se ajusta dinámicamente y se incluye un retardo de tiempo T_{CWND} entre cada CWND.
2. tamaño de ventana de congestión (CWND) óptimo.
3. ancho de banda de red y de escritura en disco de los receptores.

En cuanto al funcionamiento del algoritmo propuesto en este artículo, la Figura 4 ilustra la función básica que se realiza en la propuesta. Como se ha mencionado anteriormente, el mecanismo de control de congestión se ejecuta en el lado de los emisores y recibe como parámetros de entrada la información de control que se envía desde los emisores. Al momento de iniciar se crea la función `manejador_broadcast()` que se utiliza para recibir la información de los receptores, con la información se calcula: el número de emisores ($n_emisores <- sumatoria_i$) en cada receptor y el ancho de banda agregado ($BW_r <- sumatoria_BW_i$) que en la *marca de tiempo* recibe el receptor, valores óptimos para CWND y T_{cwnd} . Si el número de emisores en determinado receptor es 1 ($n_emisores = 1$) el algoritmo asigna los valores más óptimos de CWND y para calcular T_{cwnd} se asigna $T_{_1}$ si $buffer < 80\%$ (es decir, si el búfer de recepción tiene menos del 80% de ocupación), en caso opuesto se $T_{cwnd} = T_{_1w}$.

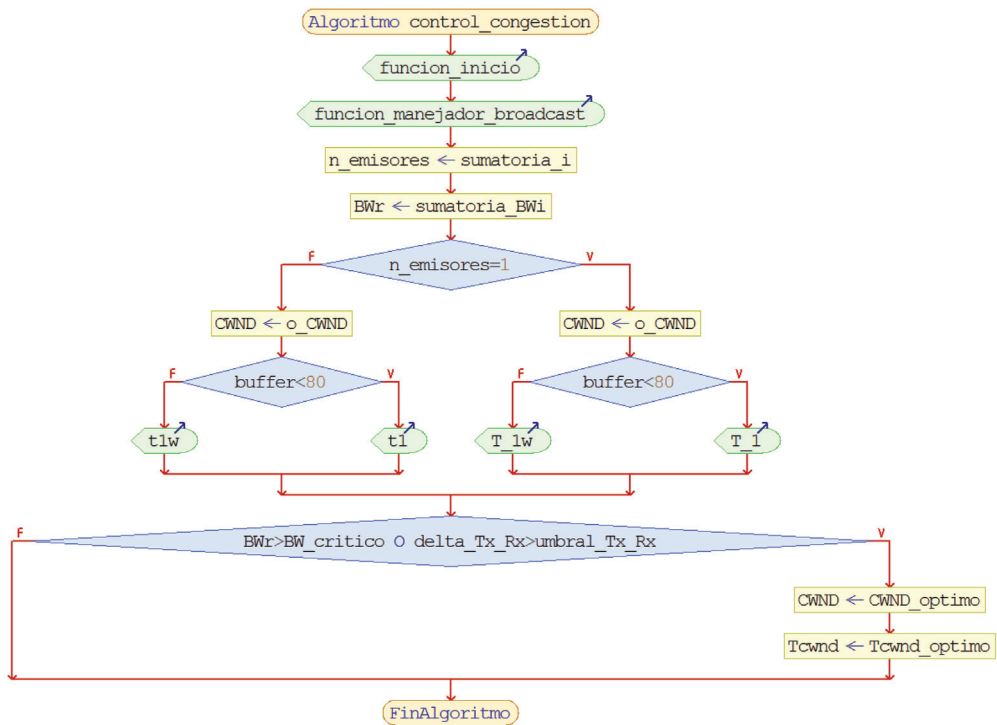


Figura 4 – Diagrama de flujo básico del funcionamiento del mecanismo de control de congestión

Cuando $n_emisores > 1$ el algoritmo asume que existen 2 o hasta 3 emisores (3 emisores es el máximo permitido en este estudio), por lo cual, la probabilidad de congestión es mayor. Consecuentemente, el algoritmo asigna un nuevo valor de $CWND$. Aunado a esto, el algoritmo calcula un nuevo valor para $Tcwnd$, de tal manera que, si $buffer < 80\%$, $Tcwnd = t1$ y en caso contrario se asigna $t1w$. Siendo así, $Tcwnd$ (Ver Figura 5) es el retardo que agrega el algoritmo entre cada ventana de envío y, se usa T_1 y $t1$ son los retardos utilizados para conseguir una tasa máxima de envío de datos desde los emisores, mientras que T_1w y $t1w$ se utilizan para enviar datos a una tasa mínima de envío.

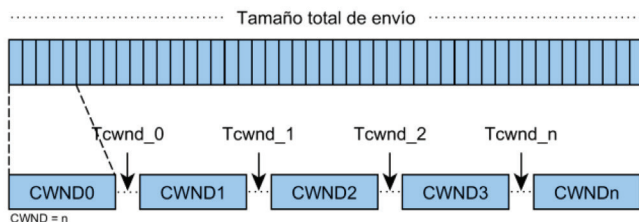


Figura 5 – Asignación de $Tcwnd$ según cálculo realizado en el algoritmo de control de congestión

Con el fin de detectar congestión en el conmutador, el algoritmo compara el ancho de banda de los receptores con el ancho de banda crítico, es decir, el ancho de banda de recepción máximo permitido en los receptores ($BW_r > BW_{critico}$) y la diferencia ΔT_{x-R_x} con el $umbral_T_{x-R_x}$ ($\Delta T_{x-R_x} > umbral_T_{x-R_x}$). Si una de las dos condiciones se cumple, el algoritmo asigna nuevos valores de $CWND$ y $Tcwnd$ para disminuir la tasa de envío y con ello evitar congestión.

Con esta medida, el mecanismo propuesto permite reducir considerablemente la pérdida de paquetes porque el control de congestión puede ralentizar la tasa de envío desde los emisores. Como idea principal, se pretende evitar la pérdida de paquetes para impedir las retransmisiones que en muchas ocasiones puede ser innecesaria si el algoritmo tiene la funcionalidad adecuada.

4. Evaluación del algoritmo

En la literatura es común encontrar propuestas que son evaluadas en entornos simulados. En nuestro caso, con el fin de mostrar resultados reales, se ha evaluado el algoritmo en un entorno de clúster de computadores donde se realizan transferencias por otras aplicaciones principalmente con conexiones TCP.

4.1. Configuración

La configuración se distingue de diferentes grupos multicast donde la cantidad se determina por el número emisores. Es decir, cada emisor envía datos a una determinada dirección multicast, y forma un grupo con hasta tres nodos receptores (se determina el valor de tres receptores por cuestiones de diseño del escenario de evaluación).

Los nodos se interconectan por una red de 1Gbps a través de un conmutador Dlink DGS-1248T con un búfer de 1Mbyte y tiene la capacidad de reenviar hasta 71.4 Mpaquetes/s. La configuración de cada nodo consta de 2 CPU Intel Xeon E5320 a 1.87GHz, Memoria RAM de 8GB, Sistema Operativo Linux distribución CentOS 6.6. En cuanto a los discos de almacenamiento se incorporan discos de estado sólido SSD Kingston de 120GB, Firmware 521ABBFO y una tasa de escritura máxima de 450MB/s.

4.2. Experimentos y resultados

Se ha determinado que cada nodo se asociará a tres direcciones multicast, de tal manera que constantemente recibe paquetes desde tres diferentes emisores. Lo anterior supone un evento crítico debido a la poca capacidad del búfer del conmutador e incrementa la probabilidad de pérdida de paquetes.

Según un estudio previamente realizado para definir el tamaño de paquete para este escenario, se define como $tamaño_paquete = 8KB$. Además, se ha estudiado para obtener el mejor tamaño de $CWND$, siendo el valor óptimo $CWND = 3$. Con estos valores alcanzados, el algoritmo de control de congestión prácticamente evita la pérdida de paquetes con un ancho de banda considerablemente aceptable según el escenario de estudio.

4.3 Congestión en conmutador: $\Delta T_x R_x$

Como primer análisis realizado, y de acuerdo a la configuración planteada, además considerando los dispositivos de almacenamiento en los receptores se llevó a cabo la evaluación del conmutador, de tal manera que el algoritmo de control de congestión propuesto determine el mejor funcionamiento de acuerdo a la tasa de envío registrada en los receptores. En la Figura 6 se puede visualizar la predicción del algoritmo que calcula el estado de saturación del conmutador cuando los emisores envían datos a la máxima capacidad posible. El porcentaje de pérdida de paquetes alcanza los máximos valores (casi el 100%) cuando la tasa de envío de los emisores es alrededor de 120Mbps (en la Figura 6 se muestra la sumatoria de ancho de banda que registra un receptor) de tal manera que los receptores registran una mínima tasa de recepción de paquetes. En función de que el algoritmo detecta la pérdida de paquetes con información de control de los receptores, los emisores disminuyen la tasa de envío hasta alcanzar la tasa de envío óptima y así disminuir la pérdida de paquetes a causa de saturación en el conmutador. Mientras el valor $\Delta T_x R_x$ sea menor, no existe congestión en el conmutador.

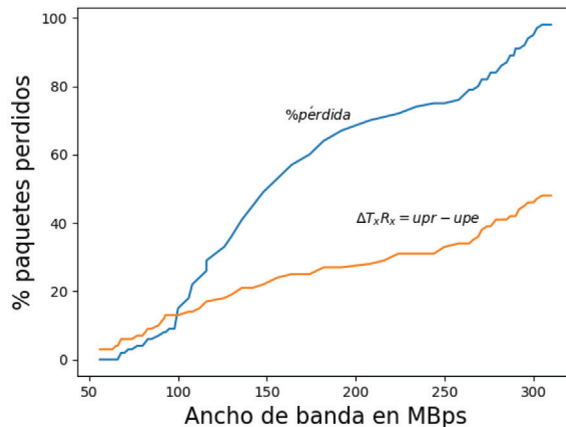


Figura 6 – Valores para $\Delta T_x R_x$ respecto al ancho de banda de recepción

4.4. Ganancia de ancho de banda $\sum BW_r + BW_{env}$

De acuerdo a los resultados observados en la Figura 6 y, considerando que el algoritmo, en primer lugar, tiene como objetivo evitar la pérdida de paquetes, a continuación se presentan resultados de ganancia de ancho de banda.

En la Figura 7 se muestra el ancho de banda obtenido por un receptor considerando la sumatoria de recepción desde todos los emisores a los que se ha asociado para recibir información. En la Figura 7 se representa:

- BW_{max} : máximo ancho de banda teórico disponible en el nodo para envío y recepción.

- BW_{env} , máxima tasa de envío como nodo emisor.
- $\sum BW_r$, sumatoria del ancho de banda de recepción, en este caso, simultáneamente el nodo recibe información desde 3 emisores con una tasa de envío de $\pm 22\text{MB/s}$.
- $\sum BW_r + BW_{env}$, total de ancho de banda que consume el nodo en envío y recepción simultáneamente.

En la evaluación se ha verificado la tasa de pérdida de paquetes en donde predomina una tasa del 0% con algunos valores que alcanzan el 0.001%. En la evaluación aquí presentada, cada nodo consume aproximadamente $\pm 80\text{MB/s}$ de ancho de banda considerando que en el entorno de evaluación se ejecutaban otras aplicaciones que consumían ancho de banda de la red.

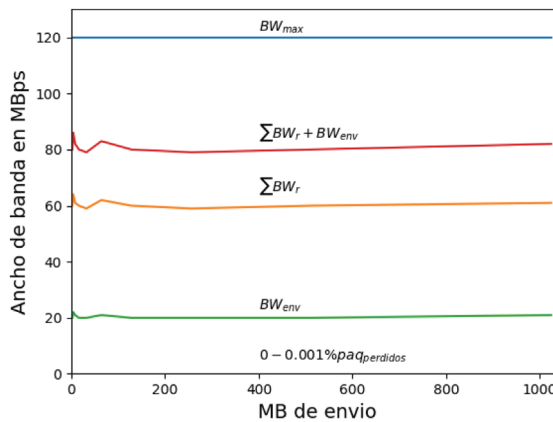


Figura 7 – Ancho de banda en receptor con diferentes tamaños de envío

4.5. Ancho de banda de emisor/receptor y pérdida de paquetes

Según los valores óptimos obtenidos en la subsección 4.2, en la Figura 8 se representa el ancho de banda $\sum BW_{emisores}$ como la capacidad máxima de envío de los emisores (para mayor ilustración, se muestra la sumatoria de dos emisores) y por otro lado se obtiene el ancho de banda agregado $\sum BW_r$ del receptor. En este caso el algoritmo, agrega un retardo T_{cwnd} hasta evitar la pérdida de paquetes (en los estudios realizados la tasa de pérdida de paquetes no superaba el 0.001%) ver Figura 9.

En la evaluación, se ha conseguido evitar la pérdida de paquetes a una tasa de envío de los emisores de 20MB/s y una tasa de recepción agregada de 40MB/s como se observa en la Figura 8.

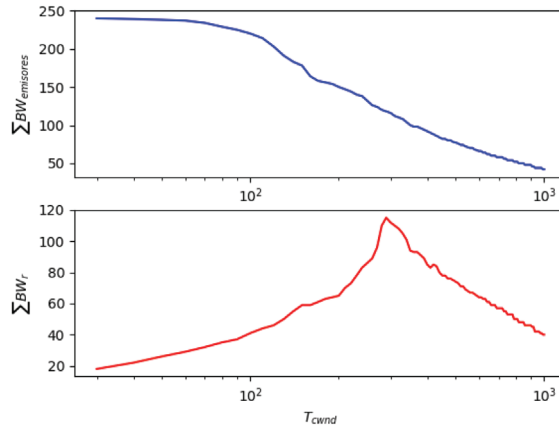


Figura 8 – Ancho de banda de 2 emisores y receptor para CWND = 3

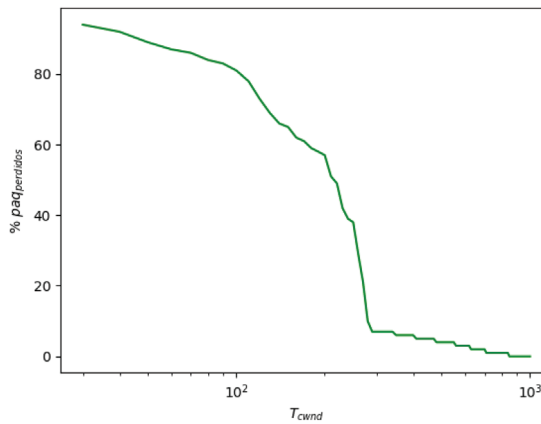


Figura 9 – Pérdida de paquetes para CWND = 3

De igual manera, se ha realizado un análisis con tamaño de ventana CWND=4 con el fin de verificar el comportamiento del algoritmo y del ancho de banda obtenido tanto en emisor y receptores. Aumentar el tamaño de ventana implica un ligero incremento en el tráfico de la red y, para evitar la pérdida de paquetes es necesario agregar un retardo T_{cwnd} mayor y así ralentizar por un lado la tasa de envío. En la Figura 10 se puede observar la caída en la tasa de envío en emisores y consecuentemente en la tasa de recepción. Y, en la Figura 11 se observa el porcentaje de tasa de pérdida de paquetes con el tamaño de ventana CWND=4 utilizado en estos resultados.

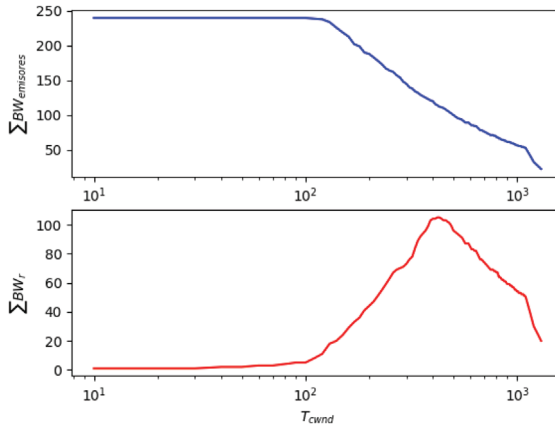


Figura 10 – Ancho de banda de 2 emisores y receptor para CWND = 4

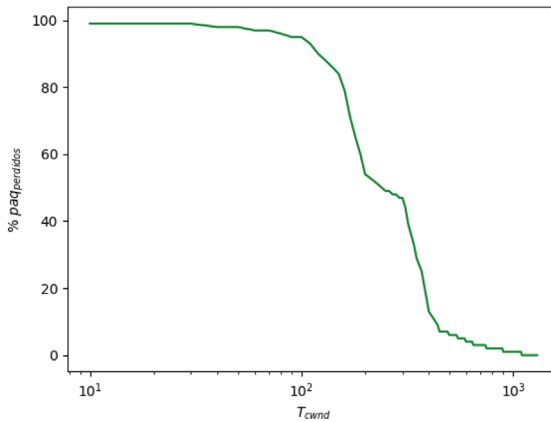


Figura 11 – Pérdida de paquetes para CWND = 4

4.6. Ancho de banda en disco BW_{disco}

Respecto a los discos utilizados, y siguiendo como enfoque principal de aplicación donde un sistema de almacenamiento distribuido garantice la disponibilidad de los datos para las aplicaciones, es necesario asegurar la escritura de los datos en el disco. Con la función *fdatasync()* se puede lograr tal fin. De tal manera que, se agrega un parámetro *sync_size = 32 paquetes* a considerarse en el mecanismo de control de congestión. Es decir, la función *fdatasync()* escribe los datos en disco cada 256KB. El máximo ancho de banda promedio en los discos SSD utilizados alcanzan hasta 120MB/s para nuestra configuración, ver Figura 12.

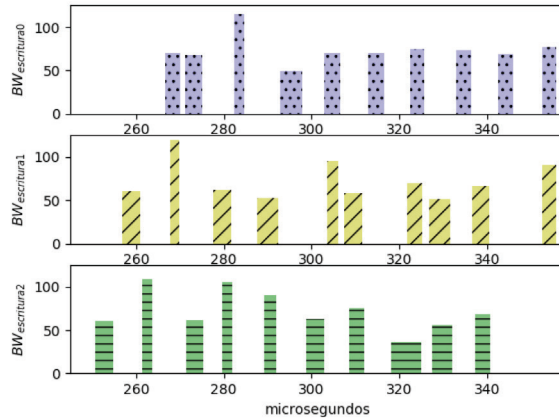


Figura 12 – Evaluación de escrituras simultáneas en disco SSD

Como se puede observar, el comportamiento de los dispositivos de almacenamiento, en este caso discos SSD dan soporte al algoritmo de control de congestión evitando la saturación y por consecuencia pérdida de paquetes en los receptores al momento de realizar las escrituras simultáneas de los paquetes de datos recibidos.

5. Conclusiones

En las redes de datos, con el crecimiento de tráfico de información se hace necesario implementar mecanismos que aseguren la entrega a todos los destinatarios. Los enfoques que existen en la literatura no consideran una orientación para implementarse en sistemas de almacenamiento distribuido. Por tal motivo, en el presente trabajo se presentó el diseño y evaluación de rendimiento de un nuevo algoritmo de control de congestión basado en ventana (window-based) para comunicaciones de datos en entornos multicast múltiple donde los nodos del sistema actúan como emisores y receptores de datos. El algoritmo constantemente evalúa el estado de saturación del conmutador y de los nodos receptores considerando la tecnología de almacenamiento utilizada, en este caso discos SSD. Se realizaron evaluaciones de rendimiento en un entorno real simulando una capa de almacenamiento que provee de información a transmitir. En los resultados, el algoritmo consigue mantener una nula o reducida pérdida de paquetes al mismo tiempo que el ancho de banda de red agregado se mantiene estable y considerablemente alto sin consumir el ancho de banda disponible por las interfaces de red.

Referencias

Adamson, B., Bormann, C., Handley, M., & Macker, J. (2009). NORM: *Nack-Oriented Reliable Multicast Transport Protocol*, DOI: 10.17487/RFC5740

- Ait Hellal, O., & Altman, E. (2000). Analysis of TCP vegas and TCP reno. *Telecommunication Systems*, 15(3-4), 381–404. DOI: 10.1023/A:1019159332202
- Borthakur, D. (2008). *HDFS architecture guide*. Retrieved from: https://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/hdfs_design.pdf.
- Díaz, O., & Muñoz, M. (2018). Implementación de un enfoque DevSecOps+ Risk Management en un Centro de Datos de una organización Mexicana. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (26), 43–53. DOI: 10.17013/risti.26.43-53
- Fall, K. R., & Stevens, W. R. (2011). *TCP/IP illustrated, volume 1: The protocols*. Boston: Addison-Wesley.
- Gemmell, J., Montgomery, T., Speakman, T., & Crowcroft, J. (2003). The PGM reliable multicast protocol. *IEEE Network*, 17(1), 16–22. DOI: 10.1109/MNET.2003.1174173
- Ha, S., Rhee, I., & Xu, L. (2008). CUBIC: A new TCP-friendly high-speed TCP variant. *ACM SIGOPS Operating Systems Review*, 42(5), 64–74. DOI: 10.1145/1400097.1400105
- Holbrook, H. W., Singhal, S. K., & Cheriton, D. R. (1995). Log-based receiver-reliable multicast for distributed interactive simulation. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 25(4), 328–341. DOI: 10.1145/217391.217468
- Kasera, S. K., Hjalmtýsson, G., Towsley, D. F., & Kurose, J. F. (2000). Scalable reliable multicast using multiple multicast channels. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 8(3), 294–310. DOI: 10.1109/90.851976
- Leith, D. J., Shorten, R. N., & McCullagh, G. (2008). Experimental evaluation of cubic-TCP. In *Proceedings of the 6th International Workshop on Protocols for Fast Long-Distance Networks (PFLDnet 2008)*, 5–7.
- Li, D., Xu, M., Liu, Y., Xie, X., Cui, Y., Wang, J., & Chen, G. (2014). Reliable multicast in data center networks. *IEEE Transactions on Computers*, 63(8), 2011–2024. DOI: 10.1109/TC.2013.91
- Li, J., & Veeraraghavan, M. (2012). A reliable message multicast transport protocol for virtual circuits. In *International Conference on Communications, Mobility, and Computing (CMC)*, 119–123.
- Miliotis, V., Alonso, L., & Verikoukis, C. (2014). CoopNC: A cooperative multicast protocol exploiting physical layer network coding. *Ad Hoc Networks*, 14, 35–50. DOI: 10.1016/j.adhoc.2013.11.004
- Palos-Sánchez, P. R., Arenas-Márquez, F. J., & Aguayo-Camacho, M. (2017). La adopción de la tecnología cloud computing (SaaS): efectos de la complejidad tecnológica vs formación y soporte. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (22), 89–105. DOI: 10.17013/risti.22.89-105
- Paul, S., Sabnani, K. K., Lin, J., & Bhattacharyya, S. (1997). Reliable multicast transport protocol (RMTP). *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 15(3), 407–421. DOI: 10.1109/49.564138

- Shvachko, K., Kuang, H., Radia, S., & Chansler, R. (2010). The hadoop distributed file system. In *IEEE 26th Symposium On Mass Storage Systems and Technologies (MSST), 2010*, (pp. 1-10). DOI: 10.1109/MSST.2010.5496972
- Wittmann, R., & Zitterbart, M. (2000). *Multicast communication: Protocols, programming, & applications*. Amsterdam: Elsevier.
- Xu, L., Harfoush, K., & Rhee, I. (2004). Binary increase congestion control (BIC) for fast long-distance networks. In *INFOCOM 2004. Twenty-Third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, (pp. 4 2514-2524). DOI: 10.1109/INFCOM.2004.1354672
- Yavatkar, R., Griffoen, J., & Sudan, M. (1995). A reliable dissemination protocol for interactive collaborative applications. *Proceedings of the Third ACM International Conference on Multimedia*, (pp. 333-344). DOI: 10.1145/217279.215288

Sistema para Coleta e Disponibilização de Dados de Potenciais Buracos em Rodovias

Jefferson Kamigashima, Leonardo Rauta

jeffersonkamigashima@gmail.com, leonardo.rauta@ifsc.edu.br

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) – Câmpus Gaspar, Brasil.

DOI: 10.17013/risti.30.78–90

Resumo: A presença de buracos em rodovias é um problema existente nas estradas brasileiras e é agravado pela ausência de manutenção contínua e eficaz. Esse trabalho propõe um sistema capaz de realizar a coleta de dados de possíveis buracos e disponibilizá-los em uma aplicação web, utilizando um módulo embarcado em automóvel e outro hospedado na nuvem. Esse sistema é composto por placas, sensores e aplicações que coletam dados de possíveis buracos, armazenam os dados localmente e posteriormente enviam esses dados até um web service RESTful localizado em nuvem. Para a validação do sistema foram realizados testes simulando alguns cenários possíveis pelo qual o sistema pode ser submetido. Os resultados demonstraram a viabilidade de empregar o sistema no desenvolvimento de planos de manutenção de rodovias e na melhoria da qualidade das nossas estradas e do conforto para os seus usuários.

Palavras-chave: Sistemas embarcados; Buracos; Identificação; Web Service; RESTful.

System to collect and make available data from potential roles in highways

Abstract: Presence of holes in Brazilian highways is an existing problem and it is aggravated by the absence of continuous and inefficient maintenance. This work propose a system aimed to collect data from potential holes and making them available in a web application, using a embedded module in a car and another module hosted in cloud. This system makes use of boards, sensors and applications to collect data from potential holes, store data locally and then send it to a web service RESTful hosted in cloud. To validate the system tests were performed simulating some possible scenarios which the system can be submitted. The results demonstrated the feasibility of using the system in the road maintenance plans and in the improvement of the quality of our roads, making them comfortable for its users.

Keywords: Embedded Systems; Roles; Recognition; Web Service; RESTful.

1. Introdução

A malha rodoviária brasileira é responsável pelo escoamento da produção industrial e agrícola do país. Através dela é possível o tráfego de bens e pessoas pelo território

nacional e a sua qualidade reflete diretamente no custo e na segurança do transporte, tornando necessária a manutenção periódica das vias para que elas ofereçam segurança e conforto para seus usuários.

Dados do Sindicato Nacional Da Indústria De Componentes Para Veículos Automotores e da Associação Brasileira Da Indústria De Autopeças (2016) apresentam que, em 2016, no Brasil, a frota circulante de automóveis, caminhões e ônibus contava com aproximadamente 42,9 milhões de unidades, revelando um pequeno aumento de 0,7 % em relação ao ano anterior.

De acordo com a Confederação Nacional de Transporte (2016) nesse mesmo período houve, na malha rodoviária brasileira, um aumento de 26,6% no número de trechos com buracos grandes, quedas de barreiras, pontes caídas e erosões, passando de 327 para 414 o número de pontos críticos. Desses, 304 são trechos que possuem buracos com dimensões maiores que o de um pneu de um automóvel de passeio e são ocasionados geralmente pela sobrecarga dos veículos que trafegam e/ou pela espessura inadequada ou insuficiente empregadas na construção do pavimento.

No estado de Santa Catarina 59,3% (1.886 km) das rodovias apresentam algum tipo de deficiência. Dessa deficiência nas estradas estaduais, 43,3% apresentaram pavimento em condições regular, ruim ou péssimo, deficiência essa que eleva o custo da manutenção dos veículos e o consumo de combustível, além de reduzir a segurança no tráfego diário de automotores. Segundo a CNT (Confederação..., 2016), essas deficiências apresentadas no pavimento das rodovias fazem com que o custo operacional do transporte no Estado sofra um acréscimo estimado de 23,5%.

A manutenção das vias é de responsabilidade do governo ou das concessionárias proprietárias (Confederação..., 2016), sendo que as estatais são distribuídas nas esferas em que se encontram (municipal, estadual ou federal).

Nas vias estatais é necessário um processo para a autorização do reparo e/ou manutenção, visando a obtenção de recursos para realização do serviço. Para justificar a utilização desses recursos para manutenção, é importante que existam dados que comprovem a necessidade real do serviço com informações como localização e o tipo de dano encontrado.

Moreira et al. (2013) afirmam que a presença de buracos nas rodovias brasileiras e a influência que eles exercem na ocorrência de acidentes, fato ocasionado por uma manutenção deficiente e sem um critério de escolha dos locais a serem reparados.

Trindade (2015) defendem a importância do monitoramento de rodovias como forma de melhorar o planejamento da manutenção e adequação das vias, coletando dados que acusaram pontos que demandam manutenção.

No ano de 2015, uma análise realizada pela Confederação Nacional de Transporte (2016) apontou que 36,52% do montante de recursos autorizados para infraestrutura de transporte rodoviário não foram utilizados. Esses valores não utilizados poderiam ser convertidos em melhorias na malha viária que reduziriam o número de trechos deficientes e, conseqüentemente, aumentaria a segurança e satisfação de seus usuários.

Assim, torna-se essencial o uso de um sistema que apresente um mapeamento dos trechos com buracos existentes em rodovias e que ao mesmo tempo permite armazenar a sua localização. Isso possibilitaria aos usuários escolher qual rota utilizar para desviar de trechos esburacados e também seria um recurso útil para que os responsáveis pela manutenção pudessem justificar os orçamentos de manutenção da infraestrutura de transporte rodoviário ou para cobrar as empresas responsáveis, quando estas estiverem sob concessão de uma empresa de iniciativa privada.

Além disso, o sistema possibilitaria também a implantação de planos de monitoramento planejado das vias, favorecendo a qualidade da estrutura viária e um melhor aproveitamento dos recursos liberados para sua manutenção.

Esses dados mostram a colaboração que esse sistema oportunizaria aos usuários dessas estradas e também para a economia local, justificando a relevância de sua implementação

Com conhecimento desse problema e da importância de uma manutenção mais eficiente e melhor planejada de nossas rodovias, esse projeto visou a elaboração de um sistema que detecte a presença de buracos em rodovias, utilizando-se dos conceitos das Leis da Mecânica de Newton para identificar os possíveis buracos encontrados ao longo da estrada e realizando o seu mapeamento através do uso de GPS (Global Positioning System). Toda a informação coletada pelo sistema fica disponível em uma página Web, permitindo assim, que os dados sejam consultados por quem tiver interesse.

2. Trabalhos correlatos

Pensando no desenvolvimento do trabalho, foi necessário efetuar uma busca em bases de dados para analisar os trabalhos correlatos. Assim, foi realizada busca no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no Google Acadêmico, e na base de dados da IEEE (IEEEExplore) onde foram encontrados apenas os trabalhos de Borges et al. (2011), Moreira et al. (2013) e Rauta et al. (2017).

Borges et al. (2011) apresentam a proposta de um sistema para identificar a localização geográfica dos buracos em estradas. No seu experimento foi utilizado um sistema com um microcontrolador, um módulo Bluetooth, um aparelho celular com GPS e um Wii remote adaptados a um carro de controle remoto. Com o projeto, Borges et al. (2011) concluíram que o sistema se mostrou viável para a detecção de buracos em estradas.

Moreira et al. (2013) desenvolveram um sistema semelhante. O objetivo do projeto era detectar buracos em estradas ou rodovias utilizando um acelerômetro. Para tanto foram utilizados um microcontrolador, um acelerômetro e um computador com um software para interpretação dos dados processados. No experimento foi utilizado uma bicicleta para realização dos testes. O resultado obtido pelos autores foi um sistema capaz de identificar todos os buracos pelo qual o protótipo passou, com a ressalva de que ao sair de um buraco o sistema acabava identificando outro buraco.

Já Rauta et al. (2017) se basearam nos dois outros trabalhos e apresentam uma proposta de um sistema para identificação de buracos através das leis da mecânica de Newton. Porém, trata-se apenas de uma proposta e não houve desenvolvimento no projeto.

Nos dois primeiros projetos apresentados a ideia de utilizar um sistema embarcado para identificar buracos obteve resultados satisfatórios, porém com suas aplicações em protótipos que não refletem na totalidade o cenário real. Esse fator acaba influenciando os resultados, pois a disposição dos eixos, o peso e as dimensões maiores que um carro possui modificaria a lógica necessária para a identificação de um buraco.

No trabalho de Borges et al. (2011) o protótipo utilizado possuía dimensões muito distantes de um carro em tamanho real, e a dimensão dos buracos pelos quais ele passou também eram igualmente menores. Esse detalhe foi explorado no trabalho de Moreira et al. (2013) onde o protótipo pôde passar por buracos no tamanho real pelo qual um carro passaria. Entretanto, o protótipo ainda estava longe da estrutura de um carro, uma vez que o carro possui quatro eixos e um peso substancialmente maior.

O intuito desse projeto foi desenvolver um sistema semelhante aos citados anteriormente em um carro, simulando o ambiente real pelo qual o sistema iria passar. Assim, esse projeto foi baseado na proposta de Rauta et al. (2017), o qual forneceu uma base teórica e uma metodologia a ser seguida no desenvolvimento do projeto.

A fim de comparar os trabalhos correlatos com o trabalho desenvolvido por esse projeto, foram elencados alguns critério de comparação entre os trabalhos. Os critérios utilizados foram: (i) se a localização era realizada por GPS ou por algum outro mecanismo; (ii) se o sistema era capaz de identificar buracos em tamanho real ou apenas grandes buracos; (iii) se foi desenvolvido um protótipo em escala real dentro de um carro, ou se foi montado um protótipo em uma outra escala; e (iv) se os dados lidos/obtidos pelo sistema seriam disponibilizados de alguma forma. Com base nesses critérios foi elaborada a Tabela 1, a qual apresenta o comparativo entre as principais diferenças entre os projetos citados em relação a este projeto.

Trabalho	Localização via GPS?	Buracos em tamanho real?	Protótipo em escala real?	Disponibilização dos dados?
Borges et al.	Sim	Não	Não	Não
Moreira et al.	Sim	Não	Não	Não
Rauta et al.	Sim	Sim	Não	Sim
Este trabalho	Sim	Sim	Sim	Sim

Tabela 1 – Comparativo entre os trabalhos correlatos

3. Solução desenvolvida

A solução proposta foi baseada na proposta de Rauta et al. (2017) com foco na coleta de informação dos dados de possíveis buracos encontrados em rodovias e a disponibilização desses dados na forma de um mapeamento dos buracos identificados. Para isso, o sistema desenvolvido possui um módulo embarcado que coleta informações de ocorrências de possíveis buracos e disponibiliza essa informação através de uma aplicação web instalada na nuvem. Assim, o sistema faz uso dos seguintes equipamentos de hardware: 1 Placa Arduino UNO; 1 Sensor acelerômetro MPU6050; 1 Raspberry PI3; 1 Sensor GPS GY-NEO6Mv2 + antena cerâmica; 1 servidor em cloud.

Em relação ao software, para obtermos as funcionalidades necessárias para o funcionamento do sistema, foram desenvolvidos os seguintes módulos: Módulo Servidor Web (MSW); Módulo Cliente (MC); Módulo Servidor Local (MSL), e Módulo Captação de Dados (MCD). Para o funcionamento do sistema completo, os módulos interagem entre si até os dados chegarem a um usuário conectado ao Módulo Cliente.

A Figura 1 apresenta o diagrama de distribuição do sistema, exemplificando as interações entre os módulos até as informações chegarem ao cliente. Esse projeto teve foco no desenvolvimento dos módulos destacados em amarelo. O Módulo Captação de Dados, em branco, não foi desenvolvido em sua totalidade pois não era o objetivo principal desse projeto.

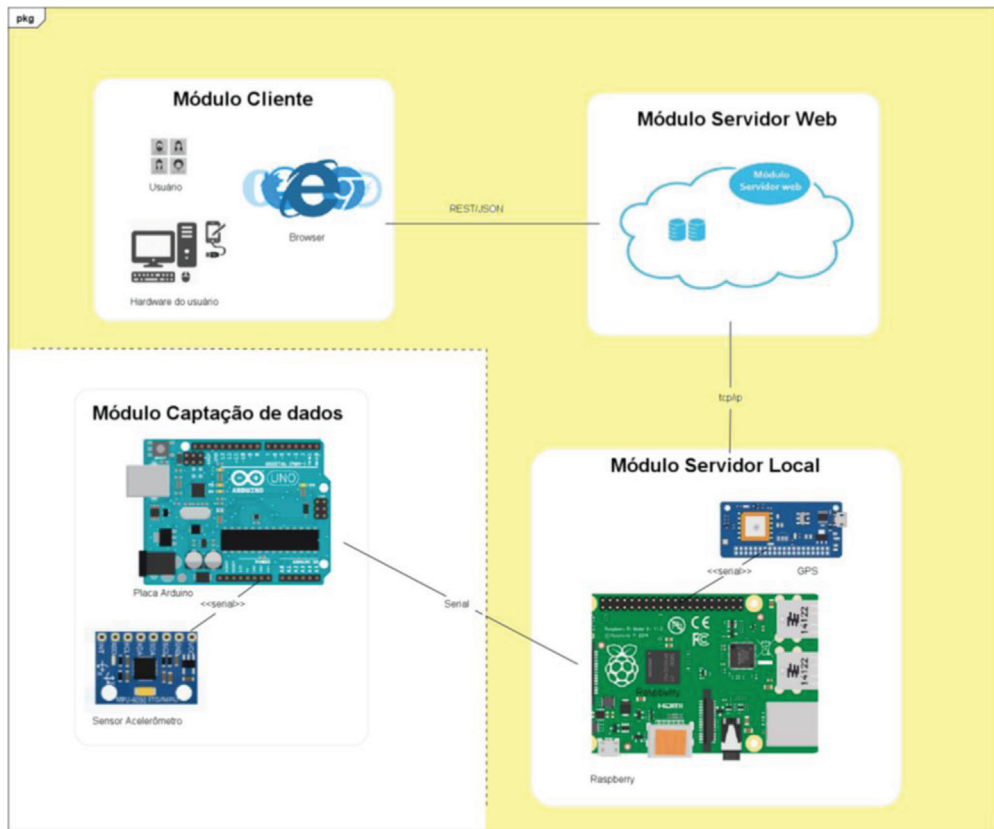


Figura 1 – Diagrama de distribuição

O Módulo Captação de Dados (MCD) faz uso de uma placa Arduino UNO instalada em cada um dos eixos do carro, próximo ao amortecedor. Nessa placa foi acoplado o sensor acelerômetro que faz a captação dos valores das forças gravitacionais, que serão recebidos pela aplicação instalada no Arduino e enviados ao Módulo Servidor Local (MSL). Nesse módulo não foi implementado o algoritmo completo para avaliação das

forças gravitacionais, apenas uma aplicação para teste e validação do sistema. Além disso, esse módulo deveria ser instalado nos eixos do carro, o que inviabilizou seu desenvolvimento completo.

O Módulo Servidor Local (MSL) faz a integração com o MC para receber os dados dos sensores. O MSL possui integração com o MC através do cabo USB utilizado para comunicação e para alimentação da placa Arduino. Isso possibilita o recebimento da leitura das variações identificadas pelo acelerômetro do MC.

Além de integrar com o Arduino, no módulo MSL são armazenados os dados dos eventos capturados pelos sensores e, no momento em que o usuário solicitar o envio, existindo a disponibilidade de uma conexão com a internet, ele deve integrar com o Módulo Servidor Web (MSW), permitindo o envio dos dados recolhidos pela aplicação instalada no Raspberry PI para armazenamento no banco de dados do MSW.

O Módulo Servidor Web (MSW) precisa estar disponível para o MSL enviar os dados e para o Módulo Cliente (MC) consumir esses dados. Para armazenar esses dados, foi utilizado um banco de dados não relacional MongoDB, que possui alta escalabilidade e facilidade na integração com outras tecnologias, hospedado na nuvem através de um serviço de gerenciamento de banco de dados online, o mLab. A inserção nesse banco de dados ocorre via socket, através de uma aplicação implementada utilizando TCP/IP, que recebe requisições da aplicação cliente existente no MSL.

Para disponibilizar esses dados para o MC, foi implementado um Web Service RESTful utilizando o framework Jersey e o servidor Apache Tomcat, que permite consultas ao banco de dados com a possibilidade de efetuar buscas por data e/ou carro.

Por fim, para disponibilizar e apresentar os dados para o usuário, foi implementado uma página web que permite buscar todos os buracos encontrados ou realizar uma busca filtrada por período, por nome do carro ou por carro em um determinado período. Esses dados são consumidos do Web Service e apresentados em um mapa utilizando a API do Google Maps e também em uma tabela. No mapa, cada buraco é representado por um marcador que, ao clicar sobre ele, apresenta um quadro com as informações individuais sobre cada buraco.

4. Validação

Para a validação do sistema foi realizada uma pesquisa experimental com os módulos desenvolvidos na qual foram realizados testes para validar a funcionalidade do MSL, MSW e MC. Foram realizados 9 testes, (I) teste de funcionamento no carro por 15 minutos; (II) teste de funcionamento no carro com interrupção; (III) teste de funcionamento no carro configurado para encontrar buracos em um intervalo menor de tempo; (IV) teste de funcionamento no carro configurado para encontrar efetivamente um buraco; (V) teste de envio dos dados; (VI) teste de inserção no banco de dados; (VII) teste de persistência e armazenamento de dados; (VIII) teste dos filtros de consulta e da apresentação dos dados; e (IX) teste do sistema funcionando por completo.

No Módulo Servidor Local (MSL), foram realizados testes para verificar a captura das leituras do acelerômetro e do GPS e o envio desses dados para o Módulo Servidor Web

(MSW). Para testar a captura das leituras dos sensores, foi instalado um programa configurado para que, a cada 15 segundos, simulasse que o sistema encontrou um buraco. Guardando assim as informações da posição do carro através do GPS e também a leitura atual, as 10 leituras anteriores e as 10 leituras posteriores à identificação do buraco, durante um período de 15 minutos. Nos testes realizados no automóvel, o sistema foi ligado à alimentação 12V.

Devido à alimentação das tomadas do carro serem energizadas no acionamento do motor, cada vez que o carro era desligado, essa alimentação era cortada automaticamente, interrompendo assim o funcionamento da aplicação. A Figura 2.a apresenta a disposição do sistema no interior do carro. Essa ligação e disposição permitiu que o sistema funcionasse por um tempo menor para testar a persistência de dados em condições adversas de funcionamento como, por exemplo, quando o motor do carro desliga sem a intenção do condutor. Já a Figura 2.b apresenta a ligação do sistema à alimentação 12V do carro. Nos primeiros testes, após configurada a aplicação no Raspberry PI, o carro percorreu dois trajetos diferentes: no teste I pelo tempo necessário para o sistema rodar o programa por completo (15 minutos), e no teste II o sistema funcionando por aproximadamente 7 minutos até ser interrompido pelo desligamento do motor do carro – corte na alimentação. Depois, no retorno desse trajeto, o sistema foi religado e pode funcionar pelos 15 minutos necessários para a aplicação rodar por completo, totalizando 22 minutos de captura de buracos no segundo teste.

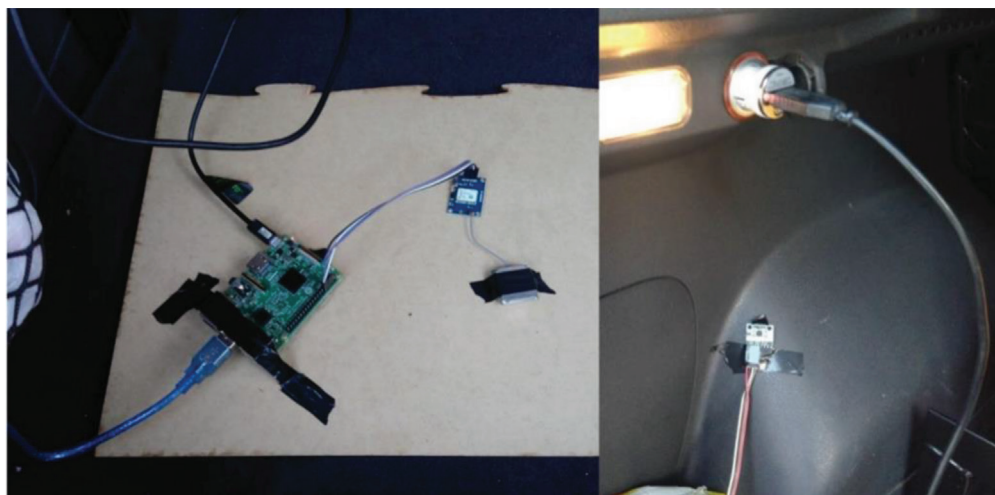


Figura 2 – Sistema instalado no porta-malas do automóvel. a) montagem do sistema contendo a placa Raspberry ligada ao módulo GPS; b) alimentação do sistema via 12V

O teste III foi realizado alterando a configuração do sistema para simular o encontro de um buraco a cada 7 segundos durante o período de 7,5 minutos. Após percorrer o trajeto por aproximadamente 3 minutos, o motor do carro foi desligado e logo em seguida religado, permitindo que a aplicação voltasse a funcionar, agora pelos 7,5 minutos necessários. O sistema foi submetido a esse teste para verificar a disponibilidade da

aplicação após uma interrupção repentina da alimentação, e para verificar a capacidade de buracos/segundo que ele poderia capturar.

Após finalizar os testes descritos acima, a configuração foi alterada para encontrar efetivamente um buraco, sendo o teste IV, realizado. Como o algoritmo para identificar um buraco não foi desenvolvido nesse projeto, foi convencionado que o sistema consideraria como buraco os eventos dos sensores onde a leitura “AngleX” do acelerômetro ultrapassasse o valor de 16.500. Valor escolhido arbitrariamente para que a aplicação não ficasse sensível a ponto de encontrar eventos a todo instante, nem rigoroso demais impedindo que fosse encontrado algum evento. O sistema então foi instalado no porta-malas do carro, onde o acelerômetro foi fixado sobre a caixa de ar do eixo traseiro esquerdo, com o restante do sistema fixado sobre uma prancha de madeira, alimentado pela saída 12V do automóvel (Figura 2.b).

Nesse quarto teste, o sistema foi programado para rodar durante um período de 10 minutos, no qual, durante o trajeto percorrido aleatoriamente, o carro fez várias paradas e, em cada uma, o carro foi desligado, fazendo com que o sistema não funcionasse pelo tempo total de 10 minutos, simulando a condição de uso na rotina diária de uma pessoa que precisa realizar vários pequenos trajetos, como fazer compras, abastecer e levar o filho para escola.

Com os dados dos buracos armazenados no servidor local, foi possível realizar o teste V: o envio de dados para o servidor web. Em cada vez que foi verificado o armazenamento dos dados coletados no Raspberry, a aplicação de envio era iniciada para integrar os dados coletados com o servidor web.

O teste VI foi realizado para confirmar se os dados foram realmente inseridos, possibilitando a sua consulta. Para isso, foi acessado o gerenciador do banco de dados e, após, foi acessado a página clicando para buscar todos os buracos.

Já o teste VII, de persistência e de armazenamento de dados, também foi realizado no servidor web: foram incluídos na pasta em que são armazenados os buracos no Raspberry, todos os arquivos JSON de buracos encontrados (244 no total) e então iniciou-se a aplicação de envio.

Após a inserção no banco de dados, o teste VIII foi realizado acessando a página web e efetuando consulta a todos os buracos (sem filtro), e depois foram realizadas consultas com o filtro de nome do carro, filtro por período e por último consulta com o filtro de nome do carro dentro de um período.

Como teste final IX, foi implementado um programa com as configurações do teste que encontrou efetivamente um buraco. Esse teste não foi realizado dentro do veículo, foi realizado próximo ao computador por um período de 75 segundos. O objetivo era simular o sistema funcionando integralmente, desde a identificação do buraco até a apresentação dos dados na página web.

Nesse teste IX o sistema foi posicionado com o sensor acelerômetro na extremidade de uma mesa para que, no momento oportuno, fosse possível incliná-lo para baixo, alterando assim o valor do “AngleX” do acelerômetro (Figura 3). Após essa movimentação no acelerômetro, um buraco seria identificado, dando início a captura dos dados.

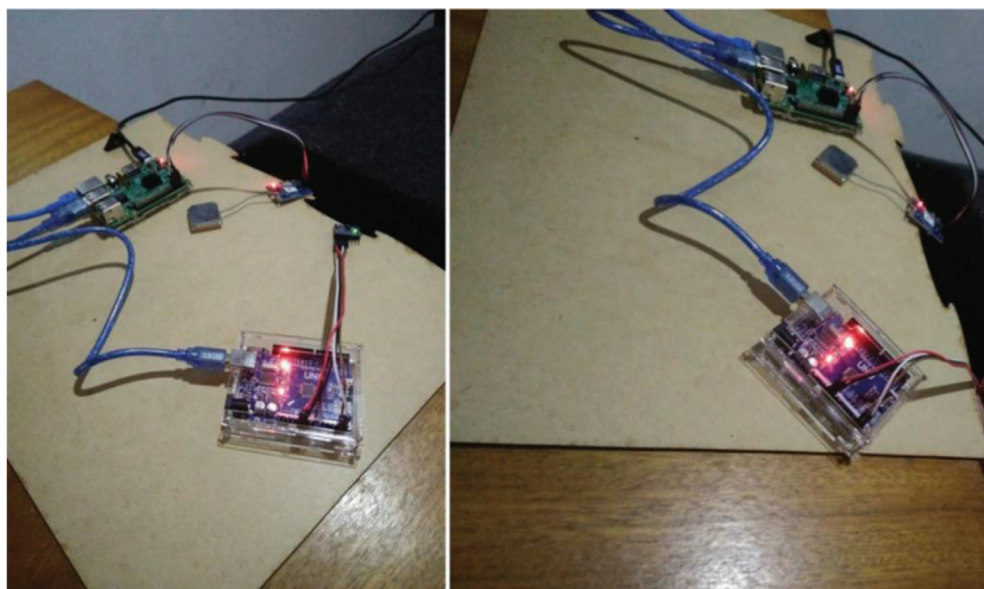


Figura 3 – Teste em bancada

5. Resultados

Com os testes realizados, foi possível verificar que no teste I, após percorrer os trajetos e acessado o sistema operacional do Raspberry PI, a aplicação foi capaz de encontrar 60 buracos e 95 buracos no teste I. No teste III, onde o sistema estava configurado para encontrar buracos em um intervalo menor de tempo, a aplicação foi capaz de encontrar 37 buracos.

Analisando o resultado dos três primeiros testes, verificou-se que há uma limitação do sistema para encontrar buracos em períodos menores que 10 segundos. A limitação ocorre pelo fato de que, após identificar um possível buraco, o sistema é programado para guardar as 10 próximas leituras do acelerômetro, que envia essa informação para o Raspberry a cada segundo. Como nesse momento ele está aguardando receber as 10 próximas leituras para gravar as informações em arquivo, foi colocada uma trava no sistema que só é liberada quando terminar a gravação para garantir a integridade dos dados coletados.

Essa funcionalidade de guardar as leituras seguintes foi inserida no sistema para que ela possa ser utilizada no desenvolvimento do algoritmo de identificação de buracos, sendo que, após esse algoritmo ser desenvolvido, existe a possibilidade de se retirar essa funcionalidade, permitindo reduzir o intervalo desse bloqueio. Além disso, em tese, com essas leituras o algoritmo para reconhecimento de buracos eliminaria o problema relatado por Moreira et al. (2013), de detectar um buraco quando o veículo está saindo do buraco que havia entrado.

O teste IV considerava um buraco quando os eventos captados pelos sensores tivessem a leitura do “AngleX” com valor acima de 16.500 e, com essa configuração, no trajeto percorrido, foram identificados 12 buracos. Demonstrando assim que é possível o

desenvolvimento de um algoritmo para identificação de buracos utilizando as variações de forças obtidas através do acelerômetro.

Nos testes V e VI, como resultado do envio dos dados coletados ao servidor web, no teste I o servidor retornou que foram inseridos 60 buracos, no envio dos buracos do teste II foram 95 buracos, e no trajeto aleatório do teste III, 12 registros foram inseridos no banco de dados.

Para confirmar se os dados foram realmente inseridos, foi acessado o gerenciador do banco de dados e confirmou-se, nas três ocasiões, que a inserção ocorreu corretamente e no mesmo instante que foram enviados.

O teste VII é semelhante ao anterior, e como resultado foram inseridos 244 novos registros no banco, e foi possível visualizar todos eles na página web. A Figura 4 mostra o envio através da aplicação no Raspberry PI com a quantidade de registros inseridos retornada pelo servidor web, e os registros atualizados no banco de dados. Com esse teste a persistência de dados foi colocada à prova. Nessa ocasião, o sistema demorou aproximadamente 1 minuto e 30 segundos para enviar todos os 244 registros armazenados, devido ao fato de ser inserido um registro por vez para garantir a atomicidade e a consistência dos dados, mas ao final, todos os dados foram inseridos. Ao realizar o teste VIII do consumo desses dados através do web service, ao clicar para buscar todos os buracos na página, foram apresentados todos os registros encontrados tanto na tabela quanto no mapa, com os marcadores apresentando as informações individuais de cada buraco, e ao utilizar os filtros, foram apresentados somente os dados filtrados.

A Figura 5 mostra a página web carregada após enviar os dados para o servidor, com o mapeamento e a tabela de buracos. No início da visualização do mapa os marcadores ficaram bem próximos uns dos outros, mas à medida que se aproximava a imagem utilizando o zoom, foi possível identificar os buracos através de cada marcador, melhor ilustrado pela Figura 6.

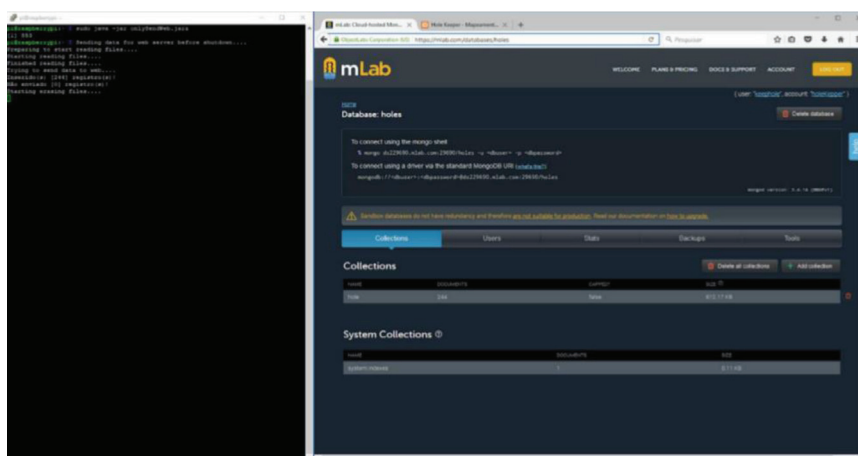


Figura 4 – Inserção no banco de dados. a) Logs da aplicação no Raspberry PI informando que foram enviados 244 registros b) Página do banco de dados demonstrando que foram armazenados 244 registros

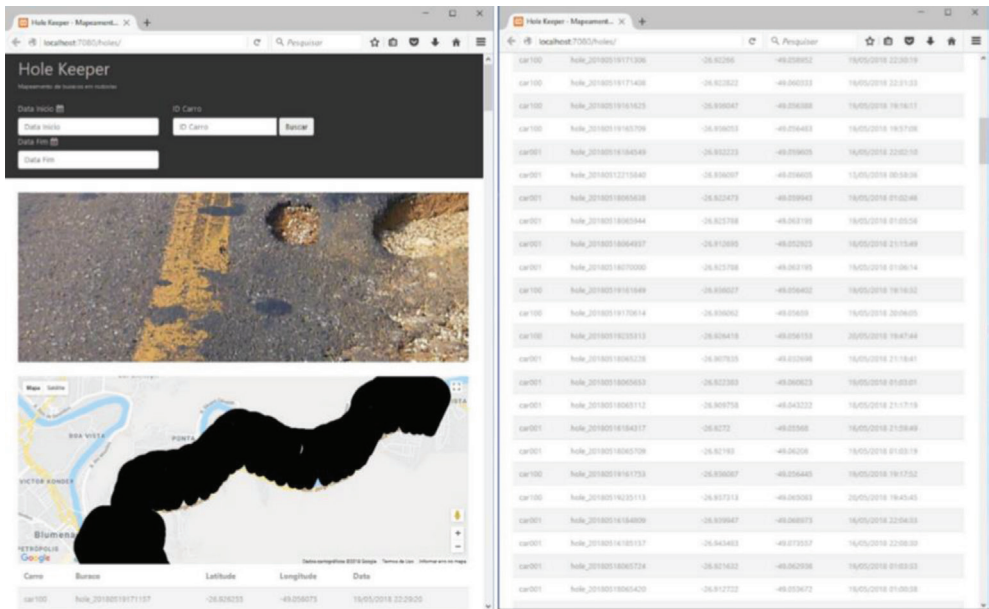


Figura 5 – Página web apresentando localização de possíveis buracos a) Site apresentando o mapa com os buracos identificados b) Informações detalhadas sobre os buracos identificados



Figura 6 – Zoom no mapa de buracos pra apresentá-los de forma mais visual

No teste final, teste IX, foram simulados 4 buracos. Com esse teste foi possível simular como o sistema se comportaria no ambiente real, desde a captura dos dados, a identificação do possível buraco até a apresentação dos dados ao usuário. O resultado foi positivo, pois foi possível visualizar os 4 buracos encontrados na página em tempo de execução, logo após o banco ter sido atualizado.

Os testes que foram realizados mostram o funcionamento da aplicação e demonstram a viabilidade do sistema para uso aplicado na detecção e mapeamento de buracos em rodovias, auxiliando na elaboração de programas para manutenção e melhorias de estradas.

6. Conclusões

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta capaz de captar as informações e a localização de possíveis buracos encontrados em rodovias, disponibilizando e demonstrando esses dados na forma de um mapeamento de buracos nas rodovias.

O sistema necessita passar por várias etapas para chegar até o mapeamento apresentado ao usuário, e o desenvolvimento de módulos e a integração entre eles foi essencial para que essa funcionalidade pudesse ser oferecida. Como o objetivo inicial do projeto não era a identificação de buracos, mas sim o mapeamento dos mesmos, essa funcionalidade não foi desenvolvida.

Através dos Módulos de Captação de Dados (MCD) e Módulo Servidor Local (MSL) embarcados em um carro, foi possível identificar potenciais buracos e armazenar localmente esses dados. Com a integração dos Módulos Servidor Local (MSL) com o Módulo Servidor Web (MSW), foi possível enviar esses dados e armazená-los na nuvem, onde um Web Service disponibiliza a consulta a essas informações, consumidas através de uma página web (Módulo Cliente - MC) que apresenta um mapeamento dos buracos encontrados, buracos estes representados cada um por um marcador contendo as informações capturadas pelos sensores do MCD.

Os testes realizados atestaram a atomicidade e a consistência dos dados do sistema, além da sua disponibilidade no ambiente testado. Entretanto, para garantir a atomicidade dos dados, o desempenho da aplicação em identificar os possíveis buracos foi diminuído, limitando em 10 segundos o intervalo necessário para encontrar um próximo buraco, fator que poderá ser aperfeiçoado após o desenvolvimento do algoritmo para identificar efetivamente um buraco.

Ao visualizar o mapeamento dos dados na página, é possível identificar os pontos no trajeto percorrido através da identificação do carro e do horário de captura dos dados, permitindo assim a utilização da ferramenta por múltiplos usuários.

Com essas informações é possível concluir que o sistema é capaz de captar as informações dos possíveis buracos e apresentar um mapeamento de forma que o usuário pode localizar em que parte do trajeto há um possível buraco, gerando valor de utilidade ao sistema desenvolvido.

Como trabalhos futuros, sugere-se o desenvolvimento de um algoritmo capaz de identificar e classificar buracos usando os dados capturados pelo sensor acelerômetro;

fazer uso de câmeras para auxiliar na identificação de buracos; a instalação dos MCD nos quatro eixos de um carro, aumentando assim a performance do sistema em localizar buracos; e a implementação de uma solução para a inicialização do sistema e outro para enviar os dados para o servidor, de modo que o usuário não precise acessar o sistema operacional do Raspberry PI para efetuar o envio desses dados.

As melhorias sugeridas são para a página web do MC, na qual poderiam ser acrescentados outros tipos de filtros, otimizar a apresentação da tabela dos buracos, assim como implementar uma opção para buscar buracos por localidade e/ou região. Também seria interessante a implementação de um acesso à página como administrador, possibilitando a edição de dados, por exemplo a exclusão de buracos que foram recapeados ou registros muito próximos, que podem ser buracos duplicados.

Assim, o projeto desenvolvido pode ser utilizado como estrutura para um sistema completo de mapeamento de buracos em rodovias, no qual as melhorias realizadas pelos próximos trabalhos incrementariam a utilidade e usabilidade do sistema, fazendo com que a justificativa de se oferecer uma ferramenta útil tanto para quem necessita dar manutenção às rodovias quanto para quem é usuário sejam alcançadas.

Referências

- BORGES, P. de S. et al. (2011) Embedded system for detecting and georeferencing holes in roads. *IEEE Latin America Transactions*, 9(6), 921–925. DOI: 10.1109/TLA.2011.6096973
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (2016). *Pesquisa CNT de rodovias 2016: relatório gerencial*. 20. ed. Brasília: CNT: SEST: SENAT.
- MOREIRA, A. R. et al. (2013) *Sistema de detecção de buracos em estradas*. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Informática, Curso de engenharia de computação, Curitiba, Brasil.
- RAUTA, L. et al. (2017) Proposta de sistemas embarcados para identificação de buracos em rodovias utilizando as Leis da Mecânica de Newton. In: *Anais do Computer on the Beach 2017*. ISSN: 2358–0852.
- SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS (2017). *Relatório da frota circulante 2017*. São Paulo: Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores.
- TRINDADE, D. H. (2015) *Monitoramento de sistemas de transporte com Arduíno e Shield-GSM, GPS, GPRS*. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Universidade de Brasília, Faculdade UnB Gama, Curso de Engenharia Eletrônica, Brasília, Brasil.

Abordando el Análisis de Usabilidad de Tanziflex, una Herramienta Web para Investigación Operativa

Mariana Falco¹, Ignacio Núñez², Federico Tanzi², Lourdes Perea Muñoz³

mfalco@austral.edu.ar, ignacionunez@sirius.com.ar, federicotanzi@sirius.com.ar, lperea@austral.edu.ar

¹ LIDTUA/CONICET, Facultad de Ingeniería, Universidad Austral, Mariano Acosta 1611, Pilar, Buenos Aires, Argentina.

² Sirius Software, Mariano Acosta 1611, Pilar, Buenos Aires, Argentina.

³ LIDTUA, Facultad de Ingeniería, Universidad Austral, Mariano Acosta 1611, Pilar, Buenos Aires, Argentina.

DOI: 10.17013/risti.30.91-106

Resumen: Los avances en las TICs han promovido la utilización de herramientas software como un medio de soporte y complemento en el aula. En Investigación Operativa, a medida que los ejercicios de Programación Lineal aumentan su cantidad de variables y se acercan así a situaciones de la vida real, la resolución manual se torna compleja, incrementa el tiempo de resolución y dificulta el aprendizaje en sí. Por ello, el presente trabajo introduce por un lado, una herramienta web multiplataforma intuitiva que permite llevar a cabo la resolución de problemas de programación lineal, y que puede ser utilizada por alumnos independientemente de la carrera en que se dicte dicha materia; y por el otro realiza un estudio de usabilidad de la herramienta en pos de identificar ítems positivos y puntos de mejora. Finalmente, se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

Palabras-clave: TICs; Investigación Operativa; Software; Usabilidad; Usabilidad Pedagógica.

Addressing the Usability Analysis of Tanziflex, a Web Tool for Operational Research

Abstract: Advances in ICTs have promoted the use of software tools as a means of support and complement in the classroom. In Operational Research, as Linear Programming exercises increase their number of variables and thus approaching to real-life situations, manual resolution becomes complex, increasing the resolution time and hinders the learning itself. Therefore, the present work introduces on the one hand, an intuitive multiplatform web tool called Tanziflex that allows solving problems of linear programming, and that can be used by students regardless of the career in which the subject is taught; and on the other hand, it carries out a usability study of the tool in order to identify positive items and points of improvement. Finally, the conclusions and future work are presented.

Keywords: ICT; Operational Research; Software; Usability; Pedagogical Usability.

1. Introducción

Las últimas décadas se han caracterizado por una evolución progresiva y acelerada de las tecnologías, que han revolucionado las formas en que las personas buscan y utilizan los contenidos; posibilitando el desarrollo de la sociedad de la información, como materia prima de diversos cambios culturales. La información (White, 2009; Kadiri & Adetoro, 2012) siempre ha sido vital para la adquisición de conocimiento y la información educativa, especialmente, porque es imprescindible para el logro de una educación de calidad (Sarriluoma, 2006; Oyediran-Tidings, Ondari-Okemwa, Nekhwevha, 2017). Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (comúnmente abreviadas como TICs) fueron y siguen siendo ventanas de oportunidad (Falco, 2017). La introducción de las tecnologías en los procesos de aprendizaje ha permitido la formación de un nuevo espacio educativo, donde las tecnologías posibilitan la construcción de marcos de aprendizaje (Duart, 2003). Actualmente, se encuentran en un gran número de dominios y en lo que respecta a la dimensión pedagógica, la integración en la práctica educativa ha abierto una puerta en pos de la innovación en lo que se refiere a la revisión y transformación de la misma; debido a que ha propiciado la emergencia de una diversidad de escenarios formativos (Turpo Gebera, 2012).

En este contexto, la Educación Superior ha sentido el impacto de las tecnologías y los escenarios formativos diferentes, incorporando no solo la utilización de herramientas de software en clases presenciales sino también en diversos ambientes virtuales de aprendizaje (Luís, Rocha, & Marcelino, 2018), dando lugar a la implementación de diversos modelos emergentes como *blended learning* y otros (Contreras, Masa, Andrade & Espada, 2017); que poseen numerosas implicaciones en lo que se refiere a la práctica del proceso de enseñanza-aprendizaje (Falco 2017). Ahora bien y en particular, la Investigación Operativa requiere de herramientas software para resolver problemas de Programación Lineal (abreviado de ahora en más como PL) cuando la cantidad de variables aumenta; cuyo método regular de resolución es mediante el algoritmo del simplex. Si bien existen numerosas herramientas software en la actualidad como Lindo y Solver, algunas de ellas son privativas, muy caras o las tecnologías que las sustentan han quedado obsoletas y si bien algunas fueron creadas puramente con objetivos educativos, el diseño orientado al usuario y la actualización de las tecnologías subyacentes son claves en una época donde son los alumnos del nuevo milenio los que se adentran diariamente en las carreras universitarias. En este contexto, el objetivo primero del presente artículo es introducir a Tanziflex (Falco, Nuñez, Perea, Carlevari, & Tanzi, 2018), una herramienta web multiplataforma que permite la resolución de problemas de PL y ejercicios genéricos que pueden ser resueltos mediante el simplex. El objetivo segundo es vislumbrar la definición y los resultados del análisis de usabilidad aplicado a dos grupos de usuarios (docentes y alumnos) en pos de determinar la percepción de los mismos con respecto a Tanziflex en las dimensiones de navegación, diseño y contenidos; mapeando la usabilidad base con el aspecto pedagógico. Por lo cual, en la sección 2, se define la usabilidad y la usabilidad pedagógica. La sección 3 contextualiza las tecnologías, su aplicación a Investigación Operativa y Tanziflex. La sección 4 define y caracteriza el caso de estudio, mientras que la sección 5 describe los resultados obtenidos. Finalmente, la sección 6 presenta las conclusiones y el trabajo futuro.

2. Definiendo la Usabilidad

Al hablar de páginas web, productos software y aplicaciones móviles se realiza una asociación casi instantánea con el término usabilidad. La norma ISO 9241-11:2018 contextualiza que el objetivo de diseñar y evaluar sistemas, productos y servicios para la usabilidad es permitirle a los usuarios alcanzar sus objetivos de manera efectiva, eficiente y con satisfacción, teniendo en cuenta el contexto de uso. De la misma manera, destaca que la usabilidad es un concepto más comprensivo de lo que usualmente se entiende como “facilidad de uso” (de los términos en inglés, *ease-of-use* y *user friendliness*), por lo cual puntualiza que es relevante para: (a) el uso permanente regular, para permitir a los usuarios alcanzar sus objetivos de manera efectiva, eficiente y con satisfacción; (b) el aprendizaje; (c) el uso infrecuente; (d) el uso por personas con la más amplia gama de capacidades; (e) minimizar el riesgo y las consecuencias indeseables de los errores de uso; y (f) el mantenimiento, ya que permite completar tareas de mantenimiento de manera efectiva, eficiente y satisfactoria.

Luego, la ISO 25010 especifica que la calidad de un sistema es el grado en que el sistema satisface las necesidades declaradas e implícitas de sus diferentes partes interesadas, y por lo tanto proporciona valor. En este contexto, y dentro del modelo de calidad, define la usabilidad como el grado en el cual un producto o sistema puede ser utilizado por usuarios específicos para alcanzar objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico. Se compone de las siguientes subcaracterísticas: (a) Reconocimiento de la adecuación (del inglés, *appropriateness recognizability*): es el grado en el cual los usuarios pueden reconocer si un producto o sistema es apropiado para sus necesidades; (b) Capacidad de aprendizaje (del inglés, *learnability*): es el grado en que un producto o sistema puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos de aprender a utilizar el producto o sistema con efectividad, eficiencia, ausencia de riesgo y satisfacción en un contexto de uso específico; (c) Operabilidad (del inglés, *operability*): es el grado en el cual un producto o sistema posee atributos que hacen que sea fácil de operar y controlar; (d) Protección contra errores de usuario (del inglés, *user error protection*): es el grado en que un sistema protege a los usuarios contra errores; (e) Estética de la interfaz de usuario (del inglés, *user interface aesthetics*): es el grado en el cual una interfaz de usuario permite una interacción agradable y satisfactoria para el usuario; (f) Accesibilidad (del inglés, *accessibility*): es el grado al cual un producto o sistema puede ser utilizado por personas con la más amplia gama de características y capacidades para alcanzar un objetivo específico en un contexto de uso específico.

2.1. Métodos de estudio de usabilidad.

En pos de garantizar que cualquier desarrollo de software posea las características anteriores, es posible emplear diversos métodos que pueden ser divididos en métodos de inspección (sin usuarios finales) y métodos de prueba (con usuarios finales). J. Nielsen (1994) describe los siguientes métodos de inspección:

- *Evaluación heurística*: implica que los especialistas en usabilidad juzguen si cada elemento de diálogo sigue los principios establecidos conocidos como heurísticas.

- *Recorridos cognitivos*: usan un procedimiento más explícitamente detallado para simular el proceso de resolución de problemas de un usuario en cada paso a través del diálogo, verificando si los objetivos del usuario simulado y el contenido de la memoria conducen a la siguiente acción correcta.
- *Inspecciones formales de usabilidad*: utilizan un procedimiento de seis pasos con funciones estrictamente definidas para combinar la evaluación heurística y una forma simplificada de recorridos cognitivos.
- *Recorridos pluralistas*: son reuniones donde los usuarios, los desarrolladores y los factores humanos pasan por un escenario, discutiendo cada elemento del diálogo.
- *Inspección de características (features)*: enumera la secuencia de funciones utilizadas para realizar tareas típicas, comprueba secuencias largas, pasos engorrosos, pasos que no serían naturales para los usuarios probar y pasos que requieren un amplio conocimiento / experiencia para evaluar un conjunto de características propuesto.
- *Inspección de consistencia*: tiene diseñadores que representan múltiples proyectos inspeccionan una interfaz para ver si hace las cosas de la misma manera que sus propios diseños.
- *Inspección de normas*: tiene un experto en algunos estándares de interfaz para inspeccionar la interfaz para verificar el cumplimiento.

Con respecto a los métodos de testeo de usabilidad, es viable mencionar que el testing con usuarios finales es fundamental debido a que provee información directa sobre cómo las personas utilizan los sistemas y cuáles son los problemas con una interfaz en específico. Si bien existen un gran número de métodos, los más comunes son los siguientes. *Pensando en voz alta (Thinking aloud - THA)* implica que un usuario final piense continuamente en voz alta mientras usa el sistema, por lo que al verbalizar sus pensamientos, permiten a los evaluadores comprender cómo ven el sistema, lo que facilita la identificación de los principales conceptos erróneos de los usuarios finales. En THA, el tiempo es muy importante (Nielsen, 1994). La *Observación de campo* es el método más simple, e incluye tomar notas sin perturbar el ambiente, sobre su interacción con un software. Luego, los *Cuestionarios* son útiles para estudiar cómo los usuarios finales utilizan el software y sus *features* preferidos. Es indirecto, porque solo recolecta opiniones de los usuarios sobre la interfaz. Teniendo como base lo anterior, es posible comprender que la inspección de usabilidad debe combinarse con los métodos de prueba de usabilidad. Por ejemplo, un recorrido cognitivo puede completarse con un método independiente de la tarea, como la evaluación heurística. Las pruebas indirectas de usabilidad, como cuestionarios o entrevistas, deben complementarse con pruebas de usabilidad directas; pensar en voz alta o la observación sería adecuada (Holzinger 2005). Claro está que una necesidad absoluta es involucrar los usuarios en el diseño desde el principio; y probar e iterar, con o sin usuarios. De esta manera, en la sección siguiente se aborda la usabilidad en el contexto educativo.

2.2. Usabilidad Educativa.

De acuerdo al medio tecnológico que se incorpore a la práctica educativa es posible determinar su adecuada utilización y accesibilidad a través de la experiencia de uso. La usabilidad en los entornos educativos se mapea en la usabilidad pedagógica basada en

tres aspectos: a) la interfaz del usuario, b) el diseño de actividades de aprendizaje y c) la verificación del alcance de los objetivos de aprendizaje (Kukulska-Hulme & Shield, 2004). Silius y Tervakari (2003) consideran la usabilidad pedagógica para denotar si las herramientas, el contenido, la interfaz y las tareas de los entornos de aprendizaje basados en la web ayudan a varios alumnos a aprender en diversos contextos de aprendizaje de acuerdo con los objetivos pedagógicos seleccionados. Incluso, plantean que se divide en tres categorías: a) soporte a la organización de la enseñanza y estudio, b) apoyo al proceso de aprendizaje y el logro de los objetivos de aprendizaje, c) soporte al desarrollo de habilidades de aprendizaje. Velázquez y Sosa (2009) definen la usabilidad del software educativo como un elemento condicionante que posee pautas de comportamiento del usuario, que pueden transferirse a otras situaciones de la cotidianidad. Reyes Vera y otros (2016) mencionan que para evaluar la usabilidad pedagógica (Shield & Kukulska-Hulme, 2006; Maris, De Giusti, & Pesado, 2012) de un software es necesario verificar en qué medida la herramienta hace posible la realización efectiva y eficiente de las tareas, y cuál es el nivel de satisfacción que se observa en el docente y los alumnos, antes y después de utilizar la herramienta. Consecuentemente, en el proceso de enseñanza-aprendizaje, la usabilidad es un factor clave y esencial que no se limita a la estética de la interfaz, sino que involucra además la interacción con los usuarios (Turpo-Gebera, 2018).

Es posible considerar los criterios pedagógicos de usabilidad como referentes bajo los cuales el profesor puede ejercer el sentido crítico a través de su opinión, al valorar su utilización dentro del contexto, posibilitando el desarrollo de competencias al interrelacionarse con los recursos tecnológicos. Nokelainen (2006) realizó un estudio de diversos trabajos que han abordado la usabilidad de los recursos educativos, y logró identificar cinco criterios comunes que atribuye a aspectos técnicos de los recursos educativos: a) el control de aprendizaje (en inglés, *learner control*), b) la posibilidad para actividades de aprendizaje cooperativos o colaborativas, c) metas explícitas de aprendizaje, d) autenticidad del material de aprendizaje y, e) el soporte al aprendizaje. En este contexto, la importancia de considerar la usabilidad en el diseño, desarrollo y evaluación de un software educativo es clave para el logro de su eficiencia y efectividad, porque asegura la rapidez en el aprendizaje y muestra los beneficios en la mejora de la calidad del producto final. En este contexto, la siguiente subsección abordará las tecnologías aplicadas al ámbito educativo y en particular, la Investigación Operativa.

3. TICs e Investigación Operativa.

En la Educación Superior se ha visto el impacto de las tecnologías, donde existe una necesidad de formación continua, a medida y adecuada al estudiante, con una mayor exigencia en la calidad y la flexibilidad, con herramientas software para trabajo en el aula o fuera de ella, entre otros. En este contexto, son diferentes las respuestas que se han dado para satisfacer dichas necesidades, desde nuevos desarrollos de software educativo (Marqués, 1995) hasta nuevos modelos de aprendizaje como *m-learning* (Falco, 2016), *blended learning* (Garrison & Kanuka, 2004), *flipped classroom* (Bergmann & Sams, 2012), entre otros. La Investigación Operativa (IO) es una rama de la Matemática que consiste en la generación y aplicación de diversos

métodos científicos y matemáticos para el estudio y análisis de problemas complejos y reales, con el fin de mejorar y optimizar su funcionamiento, como el transporte, la evaluación de inversiones, la programación de turnos de trabajo, entre otros (Bermúdez Colina, 2011). Si bien existen diversas técnicas dentro de IO, la más importante es la Programación Lineal que posee la particularidad de que la relación entre las variables es de tipo lineal (Miranda, 2003), y se ocupa de la optimización y el control de los sistemas, modelando problemas mediante variables, parámetros y relaciones funcionales (Falco, Nuñez, Perea, Carlevari, & Tanzi, 2018). Los problemas de PL pueden ser resueltos manualmente siempre y cuando la cantidad de variables sea relativamente pequeña. A medida que aumenta el número de variables, la resolución toma más tiempo como así también el entendimiento de la problemática a resolver. Los progresos tecnológicos mencionados han permitido el desarrollo de diversas herramientas software que posibilitan el abordaje de contenidos dentro de las diferentes materias y carreras, en pos de un involucramiento activo de los alumnos en el proceso de aprendizaje (Falco, 17). En este contexto, dentro de Investigación Operativa se puede hacer uso de las siguientes herramientas software que permiten resolver problemas de PL: LINDO (Schrage, 1984), Microsoft Solver Excel (Fylstra et al, 1998), SSC (Software per il Calcolo del Simplexso)¹, Invop², Tora³, y a pesar de que no todas están desarrolladas con fines educativos, brindan apoyo al alumno. El paso del tiempo conlleva a que se requiera una actualización casi constante de las herramientas con respecto a las tecnologías actuales, y además el requerimiento de los estudiantes de herramientas que estén realmente orientadas al mismo (Falco, Nuñez, Perea, Carlevari, & Tanzi, 2018). En la siguiente subsección se describirá Tanziflex, una herramienta desarrollada para resolver problemas de PL.

3.1. Tanziflex.

Tanziflex es una herramienta web intuitiva que brinda soporte en la resolución de problemas de PL, y cuya ventaja fundamental es que es útil de aplicar independientemente de la carrera en que se dicte dicha materia. Permite resolver por un lado, problemas de PL con variables continuas, enteras y binarias (programación entera, binaria y programación mixta) en general, pero además presenta de manera específica dos tipos de aplicaciones de la PL facilitando el uso de la herramienta a quienes podrían tener más dificultad en el modelado matemático, estas son: problemas de asignación, y problemas de transporte. La Fig. 1 presenta una sección de la página de landing de Tanziflex. Al acceder a dicha página, el usuario podrá elegir el tipo de ejercicio a realizar. Los pasos siguientes incluyen seleccionar el objetivo del problema (minimización o maximización), determinar la cantidad de filas y columnas que tendrá la matriz (por ejemplo si es un problema de transporte, se elegirán tantas filas y columnas como orígenes y destinos se necesiten), realizar la carga de la matriz con la cantidad de filas y columnas determinadas, y finalmente, presionar el botón resolver. El software devolverá luego los resultados del ejercicio ingresado.

¹ Software per il calcolo del simplexso <http://www.sscslab.org/>, último acceso: 07/09/2018

² InvOp <http://operativa.tripod.com/invop/Invop.html>, último acceso 11/09/2018

³ Tora http://iounipaz.hol.es/?page_id=130, último acceso 14/09/2018



Figura 1 – Página de Landing de Tanziflex

La herramienta (ver Fig. 1) fue desarrollada por alumnos de la carrera de Ingeniería en Informática de la Universidad Austral (Argentina) en el contexto de la materia Investigación Operativa. Esa experiencia fue sumamente enriquecedora para los alumnos involucrados, debido a que han podido incorporar e incluso dominar el algoritmo del simplex (método usual de resolución de problemas de PL), integrándolo también con su formación específica de la carrera a través del desarrollo del software. En lo que respecta a la arquitectura, el sistema cuenta con una API REST, que posibilita la separación de la interfaz de usuario del servidor y el almacenamiento de datos. Esta arquitectura incluye la aplicación web propiamente dicha, que consiste en una interfaz de usuario para la preparación del modelo y luego la visualización de los resultados. El lenguaje de desarrollo elegido fue Scala que es un lenguaje de programación multi-paradigma, que combina características de los lenguajes funcionales y de los lenguajes orientados a objetos, permitiendo a futuro una actualización y mantenimiento constante de la herramienta.

4. Caso de Estudio.

El objetivo del presente caso de estudio consiste en la determinación de las valoraciones efectuadas por alumnos y docentes, sobre la usabilidad de Tanziflex. La población comprendida consistió en 32 alumnos y 19 docentes del ámbito universitario, en pos de comprender los puntos de vista, necesidades y observaciones de ambos actores en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para la valoración de la usabilidad se consideraron tres dimensiones de usabilidad pedagógica, a saber: navegación, diseño y contenidos; con el fin de considerar la usabilidad pedagógica antes descripta. El procedimiento consistió inicialmente en programar la realización de dos ejercicios de PL (un ejercicio de transporte, el otro de asignación) en una comisión de estudiantes de Ingeniería, con docentes y ayudantes diplomados del área de Investigación Operativa; en pos de que los estudiantes puedan interactuar con la herramienta al realizar la carga y resolución de los dos ejercicios. Luego de la realización de los ejercicios, los participantes debieron completar un cuestionario configurado en *Google Forms*, para evitar el uso de papel y que las respuestas fueran en el momento y espontáneas. Dicho cuestionario incluía los ítems pertenecientes a las Tablas 1, 2 y 3, donde las preguntas presentaban tres respuestas posibles: a) 1: adecuado; b) 0: parcialmente adecuado; c) -1: no presenta/no sabe/no aplica. Dichas Tablas contienen las descripciones asociadas a los ítems para cada dimensión, que en pos de una aplicación acorde a la herramienta desarrollada se

realizó una adaptación de (Turpo Gebera, 2012), y de las diez heurísticas de (Nielsen, 1994); para así lograr un análisis completo y obtener resultados claros.

Ítem	Descripción	Respuestas posibles
N.1)	La página de landing presenta una guía visual de los contenidos del sitio, de modo, que resulta fácil su desplazamiento entre los vínculos y luego su retorno.	{1.0.-1}
N.2)	Los vínculos están plenamente diferenciados, son visibles y de fácil acceso. Al hacer click sobre un vínculo no se abre otro sino el seleccionado.	{1.0.-1}
N.3)	Los vínculos (embebidos en botones o íconos) ayudan a reconocer los vínculos de manera inmediata (ejemplo: ejercicios, entre otros)	{1.0.-1}
N.4)	La organización de la página facilita la navegación por ella y es fácilmente reconocible.	{1.0.-1}
N.5)	Los vínculos presentan palabras claves dentro del contenido que facilitan las opciones de información adicional y selección de acuerdo a sus necesidades	{1.0.-1}
N.6)	El sitio web facilita entender los mensajes con lenguaje sencillo y claro, evitando retraso en la realización de nuevas acciones.	{1.0.-1}
N.7)	Se conoce el estado del sistema en cada momento (ejemplo: al resolver un ejercicio).	{1.0.-1}
N.8)	La página utiliza un lenguaje apropiado para los usuarios, y organiza la información con un orden natural y lógico.	{1.0.-1}
N.9)	La página es consistente, manteniendo el mismo flujo de navegación.	{1.0.-1}

Tabla 1 – Dimensión: Navegación

Ítem	Descripción	Respuestas posibles
D.1)	Los mensajes tiene un aspecto apropiado para su visualización, es decir, es legible en los detalles identificativos.	{1.0.-1}
D.2)	El diseño es comprensible y adecuado a todas las personas.	{1.0.-1}
D.3)	La página permite la flexibilidad.	{1.0.-1}
D.4)	Es fácil de entender, sin mayor complejidad e independiente de la experiencia, conocimientos, habilidades o el nivel de concentración del usuario.	{1.0.-1}
D.5)	Se minimizan los errores.	{1.0.-1}
D.6)	Su uso genera poco esfuerzo físico (vista, oído), un uso eficaz y con el mínimo esfuerzo posible; evitando las acciones repetitivas.	{1.0.-1}
D.7)	Presenta una descripción del objetivo de la herramienta	{1.0.-1}
D.8)	Ofrece funciones de rehacer y deshacer	{1.0.-1}
D.9)	Se muestra solo la información necesaria y relevante.	{1.0.-1}
D.10)	Ayuda a los usuarios a reconocer y corregir sus errores, indica siempre el problema concreto que está ocurriendo y sugiere soluciones constructivas.	{1.0.-1}
D.11)	La información de ayuda debe ser breve, concisa, fácil de buscar y enfocada a las tareas del usuario.	{1.0.-1}

Tabla 2 – Dimensión: Diseño

Ítem	Descripción	Respuestas posibles
C.1)	La página señala la fecha de la última actualización o versión.	{1.0.-1}
C.2)	Los contenidos están ajustados al nivel pedagógico, de modo que pueda ser fácilmente identificado, comprendido y de utilidad, independientemente del conocimiento previo sobre programación lineal que tenga el usuario.	{1.0.-1}
C.3)	Se declara de manera implícita o explícita el colectivo hacia el cual están enfocados los contenidos, mediante el diseño de la interfaz utilizada.	{1.0.-1}
C.4)	El sitio web minimiza el uso de distractores, para evitar que se pierda en la navegación o que su desempeño no sea óptimo en el sitio.	{1.0.-1}
C.5)	Los objetivos de aprendizaje se presentan de manera sencilla y clara, en cada tipo de ejercicio, explícitamente; facilitando la realización de la tarea.	{1.0.-1}
C.6)	La secuencia progresiva del aprendizaje, responde a unas actuaciones controladas por el usuario, de acuerdo a sus necesidades e intereses.	{1.0.-1}
C.7)	Se presenta una declaración previa sobre los conocimientos que el usuario debe dominar para tratar el tema actual y/o se presenta enlaces de refuerzo.	{1.0.-1}
C.8)	El sitio presenta adecuadamente los diferentes niveles de aprendizaje (hechos, conceptos, principios, habilidades, valores) a lograr.	{1.0.-1}
C.9)	Se proveen de ejercicios, tareas y evaluaciones complementarias para facilitar el aprendizaje de contenidos (resúmenes, autoevaluaciones, etc.)	{1.0.-1}
C.10)	Las instrucciones están a la vista.	{1.0.-1}
C.11)	Se incluye enlaces a la página del autor, para facilitar la búsqueda de otros artículos del autor y otras fuentes de información pertinentes.	{1.0.-1}
C.12)	Están indicadas las referencias académicas del autor en el sitio Web, resaltando su experiencia y/o background.	{1.0.-1}

Tabla 3 – Dimensión: Contenido

Para cada ítem presentado en las Tablas 1, 2 y 3, el valor máximo posible es el número de participantes de cada grupo. Entonces, para el grupo de docentes será 19, y para el grupo de alumnos será 32. En la Tabla 4 se definen los resultados parciales para cada dimensión y para encuesta unitaria, donde el total en una única encuesta es 32 (originado en sumar los resultados parciales de cada dimensión), 608 para los 19 docentes, y 1024 para los 32 alumnos. También, contiene los valores de usabilidad correspondientes al grupo diferenciados en cada dimensión y en cada valor de las respuestas posibles; entonces por ejemplo para la dimensión navegación, 171 es el mayor valor que puede alcanzar la usabilidad en la respuesta ‘adecuada’ (originada en la multiplicación de 9 (resultado parcial) por 19 (docentes)); y así sucesivamente.

Dimensión	Respuestas posibles	Resultados parciales (todo correcto)	Valor de usabilidad total	Valor de usabilidad para los tres grupos
Navegación	{1.0.-1}	9/9	32 (E.U.), 608 (D), 1024 (A)	[171, 270]
Diseño	{1.0.-1}	11/11		[209, 330]
Contenido	{1.0.-1}	12/12		[228, 360]

Tabla 4 – Definición de valores

4.1. Análisis de los resultados.

El procesamiento de los datos reveló las diferentes percepciones de los grupos. Teniendo como base los valores expresados en la Tabla 4, es viable comenzar describiendo que el 70,7% del grupo de los 19 docentes ha optado por la respuesta ‘adecuado’ para la dimensión navegación, 41.6% para la dimensión diseño y 39.03% para la dimensión contenidos. Vale destacar que la dimensión ‘parcialmente adecuado’ tuvo valores más altos en la dimensión diseño con el 48.32%. En el caso de los alumnos, el 62,60% seleccionó la respuesta ‘adecuado’. Por lo cual la variación con los docentes es relativamente mínima. Estas tendencias pueden ser observadas en la Fig. 2, donde la línea de trazo azul corresponde a la respuesta ‘adecuado’, la roja a ‘parcialmente adecuado’ y naranja a ‘no sabe/no aplica’; y serán detalladas a continuación para cada dimensión. Vale destacar que la dimensión contenidos solo fue respondida por los docentes.

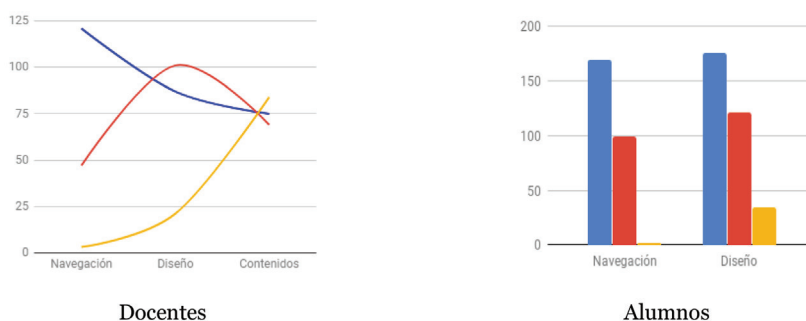


Figura 2 – Tendencias de respuestas totales de docentes y alumnos.

Matemáticamente, la mayor usabilidad unitaria para la dimensión ‘navegación’ es 9, para los 19 docentes es 171 por lo tanto: 28.12 es el porcentaje máximo que se puede alcanzar en dicha dimensión, 47.84% y 37.51% representan las dimensiones diseño y contenidos respectivamente; calculado en función del total de usabilidad para 19 personas (608); valores que se han utilizado para graficar las Fig. 3, 4 y 6; siempre modelando la escala ‘adecuado’. Para el caso de los 32 estudiantes, 26,36 es el porcentaje máximo que se puede alcanzar en ‘navegación’, 32,22% representa la dimensión diseño; calculado en función del total de usabilidad para 32 personas (1024), valores observables en las Fig. 3 y 4.

En base a los percentiles esbozados para los docentes en la Fig. 3 es viable discernir que los valores más altos fueron para los ítems: “*se conoce el estado del sistema en cada momento (ejemplo: al resolver un ejercicio)*” - igual que los alumnos, “*el sitio web facilita entender los mensajes con lenguaje sencillo y claro, evitando retraso en la realización de nuevas acciones*”, y “*la página es consistente, manteniendo el mismo flujo de navegación*”. Por ejemplo, para el segundo de ellos en Tanziflex se observan los siguientes estados para resolver un ejercicio de asignación: <Ejercicios de asignación / Carga de Datos / Resultados>. En el caso de los alumnos, los valores más altos en la respuesta ‘de acuerdo’ fueron los ítems: “*la página utiliza un lenguaje apropiado para los usuarios, y organiza la información con un orden natural y lógico*”, y “*la página es consistente, manteniendo el mismo flujo de navegación*”. Luego en la dimensión ‘diseño’ las respuestas pueden verse en la Fig. 4.

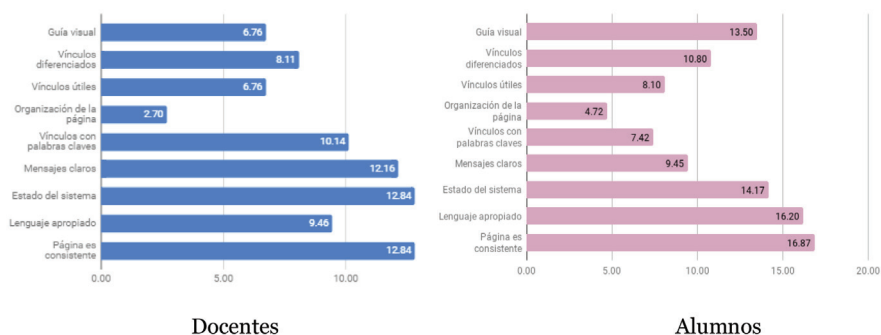


Figura 3 – Respuestas para la dimensión ‘navegación’ de docentes y alumnos.

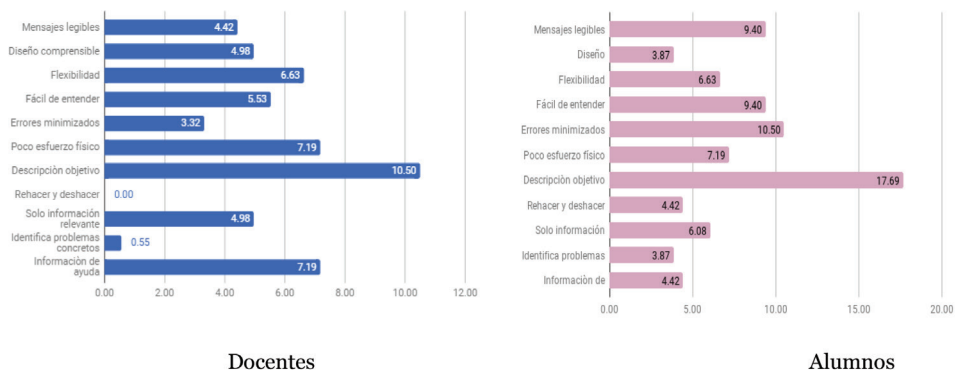


Figura 4 – Respuestas para la dimensión ‘diseño’ de docentes y alumnos.

Como se puede observar en la Fig. 4, los valores más altos para la respuesta ‘adecuado’ fueron obtenidos en los siguientes ítems: “*presenta una descripción del objetivo de la herramienta*”, “*su uso genera poco esfuerzo físico (vista, oído), un uso eficaz y con el mínimo esfuerzo posible; evitando las acciones repetitivas*”, “*la información de ayuda debe ser breve, concisa, fácil de buscar y enfocada a las tareas del usuario*”, “*la página permite la flexibilidad*”. Con respecto a los resultados de la respuesta ‘parcialmente adecuado’, los resultados más altos fueron obtenidos en “*ofrece funciones de rehacer y deshacer*”, debido a que la herramienta no permite volver atrás al estar completando un ejercicio mediante botones (o “ctrl+z”) para este uso pero sí cambiando los valores en la carga de los datos y matrices; también permite limpiar todos los datos cargados en la matriz mediante un botón. No es posible rehacer la acción una vez borrados los datos, sí mantiene todos los datos cargados en la herramienta correspondientes al ejercicio en sí. Es decir que si un usuario realiza la carga de los datos y presiona el botón resolver, si vuelve para atrás mientras visualiza la resolución del ejercicio, retornará a la carga del ejercicio con los valores cargados.

Los alumnos han optado por la respuesta ‘parcialmente de acuerdo’ para los ítems relacionados con volver para atrás, *“ayuda a los usuarios a reconocer y corregir sus errores, indica siempre el problema concreto que está ocurriendo y sugiere soluciones constructivas”*, y *“la información de ayuda debe ser breve, concisa, fácil de buscar y enfocada a las tareas del usuario”*. Esto se debe a que, por ejemplo, al estar resolviendo un problema de transporte, la herramienta mostró el siguiente mensaje: *“El problema no tiene solución, por favor revise los valores e intente nuevamente”*. En sí, el mensaje no es erróneo porque la herramienta intenta resolver el problema de transporte con esos datos pero, algunos alumnos esperaban algún tipo de validación de los valores (en cuanto a que le indique por ejemplo, en rojo, la celda errónea). Ahora bien, un detalle que remarcaron positivamente tanto los docentes como los alumnos y que de alguna manera incide en la trazabilidad de los ejercicios y la comprensión de los mismos es que Tanziflex muestra la solución de un ejercicio en la misma pantalla, una matriz al lado de la otra, destacando las variables iniciales y las finales. Otro punto que destacaron fue la practicidad de descargar en un archivo de extensión .pdf todo el ejercicio completo resuelto. Con respecto a los resultados de los docentes en la dimensión de ‘contenidos’, la Fig. 5 despliega los mismos. El valor más alto de la respuesta ‘de acuerdo’ fue *“el sitio web minimiza el uso de distractores, para evitar que se pierda en la navegación o que su desempeño no sea óptimo en el sitio”*.

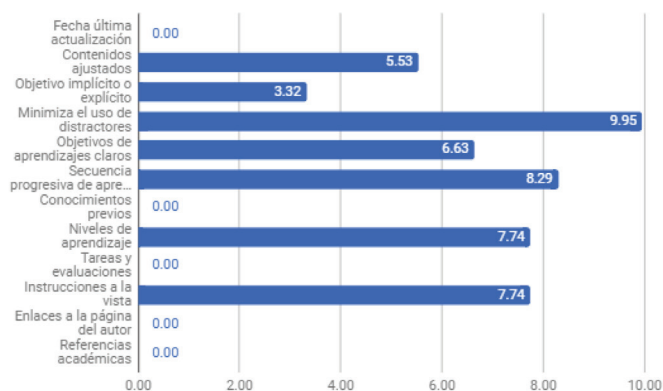


Figura 5 – Respuestas para la dimensión ‘contenidos’ de los docentes

Para los 12 ítems (ver Fig. 5), los valores más altos para la respuesta ‘adecuado’ fueron representados por los ítems siguientes: *“el sitio web minimiza el uso de distractores, para evitar que se pierda en la navegación o que su desempeño no sea óptimo en el sitio”*, *“la secuencia progresiva del aprendizaje, responde a unas actuaciones controladas por el usuario, de acuerdo a sus necesidades e intereses”*, y *“las instrucciones están a la vista”*. Con respecto a la respuesta ‘parcialmente de acuerdo’ (coincidentes en la Fig. 4 con valores 0.00% para ‘adecuado’), es interesante abordar los resultados valorados por los docentes debido a que especificaron las siguientes mejoras para ciertos ítems:

- *“La página señala la fecha de la última actualización o versión”*; la página indica la versión pero no la fecha de última actualización.

- “Los contenidos están ajustados al nivel pedagógico, de modo que pueda ser fácilmente identificado, comprendido y de utilidad”; la página podría mostrar distintos ejemplos de ejercicios para aquellos usuarios que recién se inician en la resolución de problemas de programación lineal.
- “El sitio presenta adecuadamente los diferentes niveles de aprendizaje (hechos, conceptos, principios, habilidades, valores) a lograr”; la página podría ampliar los conceptos a lograr incluyendo también las habilidades.

Para el ítem “se presenta una declaración previa sobre los conocimientos que el usuario debe dominar para tratar el tema actual y/o se presenta enlaces de refuerzo” los docentes indicaron que éste no existía (con la opción -1) porque la página no describía cuáles serían los conocimientos previos. A lo cual se les contextualizó que uno de los objetivos de Tanziflex es que pueda ser usado aun por aquellas personas que se encuentren estudiando carreras que no requieran bases matemáticas, pero en base a los usuarios puede ser viable la necesidad de incorporar enlaces de refuerzo e incluso mayor número de ejemplos previamente cargados en Tanziflex para que sirva de ayuda en cuanto a los conocimientos. Otros tres ítems obtuvieron el valor máximo en la opción de -1, que son aceptables considerando que Tanziflex se encuentra en su primera versión por lo cual este análisis de usabilidad era crucial para determinar los puntos de mejora.

- “Se proveen de ejercicios, tareas y evaluaciones complementarias para facilitar el aprendizaje de contenidos (resúmenes, autoevaluaciones, etc)”. En este caso en particular es necesario aclarar que en Tanziflex es posible realizar la carga de ejercicios de programación lineal, no es una plataforma como Moodle que se proveen de ejercicios para realizarlos.
- “Se incluye enlaces a la página del autor, para facilitar la búsqueda de otros artículos del autor y otras fuentes de información pertinentes”.
- “Están indicadas las referencias académicas del autor en el sitio Web, resaltando su experiencia y/o background”.

Si bien los participantes del test de usabilidad han puntualizado diversos puntos a mejorar, es viable explicitar que es mediante las pruebas con usuarios que se puede obtener el punto de vista real del estado del sistema. Por lo cual, serán estos puntos que se apliquen a Tanziflex en pos de generar una mejor iteración que nos permita abordar un nuevo estudio de usabilidad.

5. Conclusiones

En el presente artículo se presentó a Tanziflex, una herramienta web que permite la resolución de problemas de Programación Lineal, y también, se buscó realizar un análisis de usabilidad de la herramienta a partir de una muestra de docentes y de alumnos, en pos de identificar las perspectivas de los mismos a través de la resolución de problemas en la herramienta. Vale destacar que si bien la herramienta Tanziflex en su estado actual permite la resolución de todo tipo de problemas de PL, sólo presenta facilidades de uso y modelización para los casos de transporte y asignación. Con respecto al análisis de usabilidad, los resultados más altos fueron obtenidos en la variable ‘de acuerdo’, lo cual conlleva a la obtención de una evaluación positiva por los usuarios. De la misma forma, se obtuvieron valores altos de ‘parcialmente de acuerdo’ en algunos ítems de las tres dimensiones, los cuales se convertirán en consideraciones y mejoras que se tendrán en

cuenta para la próxima iteración de Tanziflex, en pos de lograr una nueva versión por demás completa y eficiente que posea un nivel de usabilidad pedagógica más alto.

En este contexto, y con respecto a los ítems calificados como -1 en la dimensión de diseño, se prevé como trabajo futuro incorporar en pos de facilitar el aprendizaje de contenidos, una sección de ejemplos resueltos y resúmenes breves de los temas; junto con otra sección que posibilite a usuarios cargar ejemplos útiles para el alumnado, y así ir progresivamente generando una plataforma más robusta. Por ello, en futuros desarrollos sobre la herramienta se podrá énfasis en las innovaciones educativas, realizando aplicaciones en casos de estudio con un número mayor de individuos. Es viable mencionar que una vez que finalice la incorporación de los puntos obtenidos como resultado del análisis de usabilidad, se pondrá a disposición la dirección web de la herramienta para aquellas personas interesadas, que podrán enviar un email a los autores para solicitar dicho enlace.

Referencias

- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. Washington, DC: International Society for technology in education.
- Bermúdez Colina, Y. (2011). Aplicaciones de programación lineal, entera y mixta. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, II(7), 85–104.
- Contreras, J. Á., Masa, J. A., Andrade, M. G. M., & Espada, R. M. (2017). Uso del modelo de aprendizaje inverso para mejorar materiales educativos universitarios. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (23), 17–32.
- Duart, J. M. (2003). Educar en valores en entornos virtuales de aprendizaje: realidades y mitos. *Revista Apertura*, (2). Retrieved from: <http://www.uoc.edu/dt/20173/index.html>.
- Falco, M. (2016) m-Learning: Estudiantes móviles. In 4° Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2016). Universidad Católica de Salta (UCASAL). 17 y 18 de Noviembre. Salta, Argentina.
- Falco, M. (2017). Reconsiderando las prácticas educativas: TICs en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Tendencias pedagógicas* (29): 59–76.
- Falco, M; Nuñez, I., Perea, L., Carlevari, R., & Tanzi, F. (2018). Herramienta Software como Soporte al Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Programación Lineal. En: Simposio Argentino de Enseñanza Superior en Informática (SAESI), 47 JAIIO, Universidad de Palermo, Buenos Aires.
- Fylstra, D., Lasdon, L., Watson, J., & Waren, A. (1998). Design and use of the Microsoft Excel Solver. *Interfaces*, 28(5), 29–55.
- Fullan, M. (2007). *The New Meaning of Educational Change*. Abingdon: Routledge.
- Garrison, D. R., & Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. *The internet and higher education*, 7(2), 95–105.

- Holzinger, A. (2005). Usability engineering methods for software developers. *Communications of the ACM*, 48(1), 71–74.
- ISO/IEC(2018).ISO/IEC25010Softwareproductquality.Disponibleen:<http://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25010?limit=3&limitstart=0>, último acceso: 21/11/2018.
- ISO (2018). ISO 9241-11:2018 Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>; último acceso: 21/11/2018.
- Kadiri, J. A., & Adetoro, N. A. (2012). Information Explosion and the Challenges of Information and Communication Technology Utilization in Nigerian Libraries and Information Centres. *Ozean Journal of Social Sciences*, 5(1), 21–30
- Kukulska-Hulme, A., & Shield, L. (2004). Usability and pedagogical design: Are language learning websites special?. In: *EdMedia: World Conference on Educational Media and Technology*, (pp. 4235-4242). Association for the Advancement of Computing in Education.
- Luís, C., Rocha, Á., & Marcelino, M. J. (2018). Acessibilidade em Ambientes Virtuais de Aprendizagem: Accessibility in Virtual Learning Environments. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (25), 54–65.
- Maris, M., De Giuste, A., & Pesado, P. (2012). Métodos de evaluación de usabilidad: una propuesta de aplicación en Objetos de Aprendizaje. In: *XIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC)*.
- Marquès P. (1995) Metodología para la elaboración de software educativo en Software Educativo: Guía de uso y metodología de diseño. Barcelona: Estel.
- Miranda, M. (2003). Programación Lineal y su entorno. Educa.
- Nielsen, J. (1994). Usability inspection methods. In: *Conference companion on Human factors in computing systems*, (pp. 413-414). ACM.
- Nielsen, J. (1994). Usability inspection methods. Hoboken:John Wiley & Sons.
- Nokelainen, P. (2006), An empirical assessment of pedagogical usability criteria for digital learning material with elementary school students. *Educational Technology & Society*, 9 (2), 178–197.
- Oyediran-Tidings, S.; Ondari-Okemwa, E.M.; & Nekhwevha, F.H. (2017). Availability and Accesibility of educational information to learners in selected high schools in South Africa. In: *Improving Quality of Life Through Information. Proceedings of the XXV Bobcatsss Symposium, Tampere, Finland*.
- Reyes Vera, J. M., Berdugo Torres, M. I., & Machuca Villegas, L. (2016). Evaluación de usabilidad de un sistema de administración de cursos basado en la plataforma Lingweb. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 24(3), 435–444.
- Saariluoma, P. (2006). The importance of the free flow of information and knowledge. *An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, 2 (1), 1–3.

- Schrage, L. E. (1984) Linear, integer, and quadratic programming with LINDO. Palo Alto: Scientific Press.
- Silius, K., & Tervakari, A. M. (2003). An evaluation of the usefulness of web-based learning environments. The evaluation tool into the portal of Finnish virtual university. In International Conference of Network Universities and e-learning. Valencia, España.
- Shield, L., & Kukulska-Hulme. A. (2006). Are language learning websites special? Toward a Research Agenda for Discipline-Specific Usability. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 15 (3), 349–369.
- Turpo Gebera, O. (2012). Criterios de valoración sobre la usabilidad pedagógica en la formación continua docente. *Razón y palabra*, 17 (81).
- Turpo Gebera, O. (2018). La usabilidad pedagógica en la formación del profesorado: un estudio de caso. *Revista ESPACIOS*, 39 (15), 6.
- Velázquez, I., & Sosa, M. (2009). La usabilidad del software educativo como potenciador de nuevas formas de pensamiento. *Revista Iberoamericana de educación*, 50(4), 1–12.
- White, J. P. (2009). The Effects of the Information Explosion on Information Literacy. Archiving Desk to Desk. Retrieved from: <https://jacquelynwhite.wordpress.com/2009/09/28/effects-of-the-information-explosion-on-information-literacy/>.

Redes Sociais e Promoção da Saúde: Utilização do Facebook no Contexto da Doação de Sangue

Joélia Rodrigues da Silva¹, Christina César Praça Brasil², Raimunda Magalhães da Silva³, Aline Veras Moraes Brilhante⁴, Luciana Maria de Barros Carlos⁵, Indara Cavalcante Bezerra⁶, Jose Eurico de Vasconcelos Filho⁷

joeliarodrigues@gmail.com, cpraca@unifor.br, rmsilva@unifor.br, alineveras@unifor.br, luciana.carlos@hemoce.ce.gov.br, indaracavalcante@yahoo.com.br, euricovasconcelos@unifor.br

¹ Professora da Escola de Saúde Pública do Ceará. Av. Luciano Carneiro, 869, Bl. 8, Apto. 101, Bairro Fátima, CEP: 60411-205. Fortaleza, Ceará, Brasil

² Professora do Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva da Universidade de Fortaleza – UNIFOR. Rua Mário Alencar Araripe, 1346, Sapiroanga, CEP: 60.833-163, Fortaleza, Ceará, Brasil

³ Professora do Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva da Universidade de Fortaleza – UNIFOR. Rua Bento Albuquerque, 2300, ap. 1102, Cocó, CEP: 60.192-050, Fortaleza, Ceará, Brasil

⁴ Professora do Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva da Universidade de Fortaleza – UNIFOR. Av. Washington Soares, 1321 - Edson Queiroz, CEP: 60811-905 Fortaleza, Ceará, Brasil

⁵ Diretora Geral do Centro de Hematologia e Hemoterapia do Ceará – HEMOCE. Av. José Bastos, 3390 - Rodolfo Teófilo, CEP: 60431-086 Fortaleza, Ceará, Brasil

⁶ Pós-Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva da Universidade de Fortaleza – UNIFOR. Rua Bento Albuquerque, 360, ap. 2302, Cocó, CEP: 60.192-060, Fortaleza, Ceará, Brasil

⁷ Professor de Engenharia da Computação e do Mestrado Profissional em Tecnologia e Inovação em Enfermagem da Universidade de Fortaleza. Av. Washington Soares, 1321 - Edson Queiroz, CEP: 60811-905 Fortaleza, Ceará, Brasil

DOI: 10.17013/risti.30.107–122

Resumo: O espaço de relacionamento do Facebook vem redefinindo a participação social e empoderando a população nas diversas causas sociais, incluindo a doação de sangue. Esta pesquisa analisou a capacidade de mobilização do Facebook e seu potencial de engajamento social, identificando os recursos de governança e a prática da equidade social, por meio dos dados obtidos na Fanpage do centro de hematologia público do Estado do Ceará - Brasil. Estudo netnográfico, de natureza exploratória descritiva, considerou todas as publicações na página e comentários dos seguidores, no período de julho a dezembro de 2017. Utilizou-se análise de conteúdo na modalidade temática, com amparo na estatística descritiva. O alcance das publicações, envolvimento social com as campanhas de doação de sangue, a participação popular nas sugestões de aprimoramento dos serviços da instituição e do marketing espontâneo na promoção da doação de sangue, apontam o Facebook como recurso eficaz de governança, equidade, comunicação e participação social.

Palavras-chave: Tecnologia de Informação; Rede social; Governança; Promoção da saúde; Doação de sangue.

Social Networks and Health Promotion: Use of Facebook in the Context of Blood Donation

Abstract: Facebook's relationship space has been redefining social participation and empowering the various social causes, including blood donation. This research analyzed the capacity of Facebook's mobilization and its potential for social interaction, identifying governance resources and a social practice, through the data obtained in the FanPage of the Public Blood Bank of the State of Ceará - Brazil. Netnographic study, of descriptive exploratory nature, considering all the information in the page and comments of followers, no period from July to 2017. The content analysis was used in the thematic modality, with statistical purposes in the descriptive evaluation. The reach of publications, social involvement with blood donation campaigns, popular participation in the improvement of information and marketing services in search of blood, point to Facebook as an effective resource for governance, equity, communication and social participation.

Keywords: Information Technology; Social network; Governance; Health promotion; Blood donation.

1. Introdução

A manutenção da doação de sangue no Brasil é uma necessidade constante. A Organização Mundial de Saúde (2010) recomenda que, pelo menos, 1% da população seja doadora de sangue, enquanto o Ministério da Saúde aponta que o ideal seria atingir 3%, porém, o percentual de doadores de sangue foi de 1,73%, em 2014, e, em 2015, decresceu para 1,58% (BRASIL, 2014, 2017). No estado do Ceará, esse percentual correspondeu a 1,74% da população local em 2015 (IBGE, 2017).

Considerando que a doação de sangue no Brasil está fundamentada no voluntariado (ANVISA, 2005), as ações de *marketing* social e a aplicação de recursos da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) ganham visibilidade nas estratégias por fornecerem recursos para a ampliação do número de doações e ferramentas de governança (Barbosa & Costa, 2014; Beerli-Palácio & Martin-Santana, 2009; Ludwig & Rodrigues, 2005).

Governança é a capacidade de criar, implementar e administrar estratégias políticas e institucionais que visam garantir efetividade nos processos gerenciais e alcance de metas coletivas (Paula, 2015). Compreender o comportamento das pessoas e de grupos sociais e como as relações são estabelecidas nos ambientes virtuais apresenta-se como uma necessidade premente.

No contexto da doação de sangue, o desenvolvimento de estratégias de comunicação focadas na captação e na fidelização de doadores é um aspecto a ser priorizado pelo *marketing* das instituições (Ludwig & Rodrigues, 2005), sendo estas contempladas por indicadores que apontam o cenário em que as ações são requeridas. Com efeito, as Tecnologias da Informação e Comunicação evoluem a uma velocidade estupenda, de tal modo que as organizações as utilizam e as incorporam em diversos aspectos da vida cotidiano (Mejia, Muñoz & Feliu, 2018).

Nesse sentido, as redes sociais emergem como novos espaços de socialização que redefinem as formas de se relacionar e de empoderar a população nas causas sociais (Lemos, 2012), criando oportunidades, ao permitir a comunicação de baixo custo

e ao gerar benefícios para as instituições e para a população, não só pela facilidade de comunicação, como pela velocidade de difusão da informação (Longaray et al., 2018).

Em 2016, a agência *We Are Social* registrou 2,5 bilhões de usuários de mídia social, correspondendo a 31% da população mundial, evidenciando que a sociedade do mundo digital passa por mudanças de concepção de poder, migrando do modelo vertical (exclusivo e individual) para o horizontal (inclusivo e coletivo), o que influencia o surgimento de estruturas econômicas, políticas e sociológicas fundamentadas em novos recursos de poder (Kotler, Kartajaya & Setiawan, 2017).

O sítio eletrônico *Facebook* destaca-se como a mídia digital mais acessada no mundo, alcançando mais de dois bilhões de usuários ativos no segundo trimestre de 2017 (Statista, 2017). No Brasil, o *Facebook* é acessado por 80% dos brasileiros que possuem internet, representando mais de 89 milhões de internautas conectados diariamente à rede social; o que aloca este país no terceiro lugar do *ranking* mundial de acessos (Facebook Business, 2014). Esses números fazem deste um espaço proeminente para um marketing social com excelente custo-benefício por meio de postagens orgânicas (publicações gratuitas) e a estratificação do público-alvo (Souza, 2012).

Em 2012, uma campanha de doação de sangue promovida pelo a equipe de futebol Esporte Clube Vitória, do estado da Bahia, Brasil, nas redes sociais e na arena, incrementou em 46% o número de doações de sangue do centro de hematologia (hemocentro) público Hemoba, superando a meta de 25% estipulada para a campanha. A ação utilizou a linguagem das mídias digitais, incluindo o *Facebook*, para gerar significado coletivo e envolver os adeptos ao futebol na causa. A campanha durou 45 dias e obteve alcance nacional, agregando valor social ao clube, com mais de 1 bilhão de visualizações na *web* e mais de 15 milhões de retorno em mídia espontânea, 935 minutos de veiculação na TV, além de reconhecimento internacional (Arena, 2013; Marketing Best, 2012).

Diante desse cenário, emergiu o questionamento: quais as contribuições do *Facebook* para a mobilização e o engajamento social no contexto da doação de sangue? A fim de responder esse questionamento, foi realizada uma pesquisa netnográfica na página do *Facebook* do hemocentro público de referência do Estado do Ceará, Brasil, que utiliza diariamente o sítio eletrônico para mobilização social.

Este estudo justifica-se pelo fato do *Facebook* ser uma mídia digital utilizada pelos hemocentros e serviços de saúde, oferecendo suporte às causas sociais e instrumentalizando a governança com dados sobre o comportamento e o perfil dos seguidores. Acredita-se que a utilização dessa ferramenta pode contribuir com a promoção da doação de sangue como um ato voluntário e de cidadania, favorecendo a manutenção dos estoques de sangue e a qualidade do sangue a ser transfundido. Ademais, espera-se colaborar com os serviços de saúde e os movimentos voltados à promoção da saúde coletiva, incitando novos olhares na gestão de comunicação e marketing na área da saúde.

Este estudo objetivou analisar a capacidade de mobilização do *Facebook* e seu potencial de engajamento social, identificando os recursos de governança e a prática da equidade social, por meio dos dados obtidos na *FanPage* do hemocentro público do Estado do Ceará - Brasil.

2. Método

O presente estudo, de natureza exploratória descritiva, utiliza abordagem qualitativa (Minayo, 2013), valendo-se do método de observação netnográfico (Kozinets, 2014). Adotaram-se análises estatísticas descritivas (Prodanov & Freitas, 2014) para o tratamento dos dados quantitativos (Driessnack, Sousa & Mendes, 2007), os quais se associam de forma complementar aos aspectos qualitativos.

A netnografia, adaptação da etnografia, tem sido utilizada para a coleta e apreensão de informações. Este método constitui uma possibilidade de estudar tanto a cultura quanto as comunidades situadas ou constituídas no ambiente *on line* (Kozinets, 2014), utilizando as comunicações e manifestações nos espaços virtuais, segmento ou cultura como fontes de dados para alcançar a compreensão e a representação etnográfica de um fenômeno cultural ou comunal.

Os dados foram obtidos a partir da *FanPage* do Centro de Hematologia e Hemoterapia do Ceará – Hemoce, valendo-se da interpretação de indicadores sobre o envolvimento social com a doação de sangue (Hemoce, 2018). A instituição foi selecionada por ser uma referência nas áreas de hematologia e hemoterapia no estado, agregando valores voltados à promoção da saúde.

O Hemoce é uma instituição pública responsável pela assistência dos 184 municípios do Ceará, por meio de uma rede de unidades de atendimento presentes nos municípios de Fortaleza, Crato, Iguatu, Quixadá, Sobral e Juazeiro do Norte. Essa organização permite 100% de cobertura da rede pública de saúde, das unidades conveniadas ao Sistema Único de Saúde (SUS) e dos hospitais privados situados fora de Fortaleza (Hemoce, 2018).

A mídia digital escolhida para a coleta dos dados foi o *Facebook* por sua forte aceitação social e por estar no topo das ferramentas mais utilizadas para comunicação social no mundo (Statista, 2017). Para demonstrar o engajamento dos usuários do *Facebook* do referido hemocentro com a doação de sangue e assuntos correlatos, foram analisados os indicadores gerados pelo próprio *Facebook*, quais sejam: as publicações do hemocentro em seu *feed* de notícias e as avaliações e os relatos dos curtidores/seguidores na página. Constituíram-se planilhas para a organização dos dados, exportadas diretamente do *Facebook*.

Segundo a empresa Rock Content (Rock Content, 2017), especializada em *marketing* digital, as métricas do *Facebook* são alcançadas a partir do algoritmo *Edgerank*, o qual foi desenvolvido com o objetivo de definir o que será mostrado na linha do tempo da página, considerando as informações mais relevantes e como a página se comporta na rede. O algoritmo baseia-se no tipo de conteúdo consumido pelo usuário e seus amigos, além de apoiar-se também em todas as atualizações de status, comentários, curtidas e compartilhamentos.

A pesquisa considerou seis meses de coleta de dados, 1 de julho a 31 de dezembro de 2017, extraídos da página 'Hemoce (Oficial)' e utilizou os seguintes instrumentos: planilha estatística de métricas do *Facebook*; planilha demonstrativa de comportamento dos curtidores/seguidores; e relatos de curtidores/seguidores. O primeiro instrumento coletou dados quantitativos sobre as publicações - número de alcance, curtidas, compartilhamentos e visualizações. A partir do segundo instrumento, obtiveram-se dados relativos às publicações no *feed* de notícias da *FanPage* e o terceiro instrumento

possibilitou a coleta de dados relacionados às diversas formas de comunicação dos usuários na página como falas, gestos ou atitudes.

A análise estatística descritiva foi utilizada na organização, sintetização e descrição dos dados coletados (Reis, 2018) a partir dos instrumentos ‘planilha estatística de métricas do *Facebook*’ e ‘planilha demonstrativa de comportamento dos curtidores/seguidores’, resultando na elaboração de gráficos e tabelas, o que ofereceu suporte aos dados qualitativos.

Os dados coletados a partir do instrumento ‘relatos de curtidores/seguidores’ foram analisados com base na análise de conteúdo na modalidade temática, seguindo-se as etapas de pré-análise, exploração do material, tratamento dos resultados e interpretação. Nesse percurso, identificaram-se aspectos relacionados à governança e ao engajamento social. Esse método possibilitou a interpretação do comportamento dos curtidores/seguidores e a avaliação da performance das publicações em relação à causa da doação de sangue (Minayo, 2013).

Na pré-análise, realizou-se uma leitura em profundidade dos dados e relatos da *FanPage* para familiarização com as ideias e comportamentos do público-alvo. Em seguida, o material foi explorado, permitindo a identificação de seis tópicos: divulgação de locais e horários de coletas; divulgação de campanhas; informações sobre a doação; chamada para doação de sangue; depoimentos e participação de doadores; e eventos institucionais. Esses tópicos convergem para duas temáticas mais amplas que emergiram a partir do tratamento e interpretação dos dados - “A governança do *Facebook* e o seu papel no Hemoce” e “O papel dos curtidores/seguidores no exercício da equidade para a promoção da saúde” - alinhando-se ao objetivo e à questão norteadora deste estudo.

Os depoimentos postados na sessão de avaliação da *FanPage* do Hemoce contabilizaram 955 participações no período mencionado. Para preservar as identidades, adotaram-se as letras “CS” (curtidor/seguiror), associadas a números. Assim, CS1 significa “curtidor/seguiror 1”. Ressalta-se que 13 depoimentos são apresentados nos resultados para ilustrar as temáticas do estudo, alguns dos quais estão escritos fora das normas cultas da língua portuguesa, visto que foram transcritos como se apresentam na *FanPage*, respeitando-se a linguagem adotada nas redes sociais.

A literatura sobre o papel das mídias sociais no contexto da comunicação respaldou a interpretação dos resultados obtidos, uma vez que estas representam um canal efetivo de percepção do valor intangível das instituições no mercado, por meio de seus ativos intangíveis (Bueno, 2015). Nesse sentido, quanto maior for a percepção de valor do ativo intangível, maior será a expressão social de marcas, ideias e negócios, o que é fundamental compreender no contexto da doação de sangue, onde a mobilização social é uma necessidade.

3. Resultados

Diante da análise das métricas de interação do público-alvo com a doação de sangue e de avaliação do desempenho da página, observou-se que o *Facebook* do Hemoce oferece recursos de governança relevantes, incluindo a identificação das necessidades e desejos dos usuários, seu nível de satisfação, como também, a promoção de mobilizações em favor da causa. Assim, as duas temáticas identificadas serão apresentadas em associação aos dados quantitativos.

3.1. A governança do Facebook e o seu papel no Hemoce

O Hemoce realizou em 2015 mais de 130 mil transfusões sanguíneas e coletou 110.354 bolsas de sangue, sendo 68,17% das transfusões na regional de Fortaleza, onde houve a coleta de 56% das bolsas de sangue, sendo o município o maior captador e consumidor de insumos hemoterápicos do Estado (Hemoce, 2017).

Criada em 6 de abril de 2011, a página do Hemoce nomeada ‘Hemoce (Oficial)’ registrava em 20 de janeiro de 2018, 83.088 seguidores e 83.703 curtidores, alcançando a segunda colocação no país no *ranking* das *FanPages* do segmento da doação de sangue, perdendo apenas para a Fundação Pró-Sangue, na cidade de São Paulo²¹. Segundo o *Facebook Business*, seguidores são pessoas que curtem uma página do *Facebook* e que, a partir de então, passam a receber as postagens da página em seu *feed* de notícias. Um seguidor pode optar por não receber as postagens e desativar essa função. Nesse caso, ele passa a ser considerado somente curtidor da página e este número passa a ser computado como ‘curtidas’ (Facebook, 2017).

A média diária de postagens na página do Hemoce é de quatro publicações, seguindo padrões de horários e de conteúdo. Os *banners* ou *posts*, publicidades postadas no *feed* de notícias, são publicados em horários próximos às 8h, 12h, 16h e 19h30, com variações discretas de horários e número de postagens. Nos horários 8h e 19h30 são divulgados os locais de coleta de sangue, no dia corrente e no dia posterior, respectivamente. Às segundas, quartas e sextas-feiras, são postados depoimentos de doadores, que relatam sua experiência e propósitos em relação à doação de sangue (Hemoce, 2018).

Posts como ‘Você Sabia?’ e ‘O Hemoce responde’ visam suprir dúvidas dos doadores e estimular a interação com o público, além de promover a educação social dos curtidores/seguidores²¹ conforme os questionamentos a seguir:

Tenho problema de pressão alta posso doar? (CS 1);

Como faço para levar o Hemoce até a minha igreja [...]? (CS2);

Eu tentei doar sangue 2 vezes e deu que eu estava sem ferro. Como posso fazer para inverter essa situação? Porque eu gostaria muito de doar. (CS3);

É possível, no Hemoce, receber vacinas como hepatite e HPV? (CS4).

A avaliação da página, recurso próprio do *Facebook*, classifica o nível de satisfação do curtidor/seguidor em relação ao produto, serviço ou experiência com a instituição (Facebook, 2017). A parametrização utilizada é a ‘escala de pontuação 5 estrelas’, onde 1 representa a insatisfação e 5 a plena satisfação com a instituição. O Hemoce apresentou em dezembro de 2017 nota 4,8 no universo de 955 avaliadores, sendo que 861 pessoas pontuaram a página com 5 estrelas.

Alguns relatos retratam o sentimento do curtidor/seguidor em relação à instituição, o que pode ser utilizado para captar o nível de satisfação do cidadão em relação ao hemocentro (Hemoce, 2018). Em sua maioria, os depoimentos são positivos:

Atendimento incrível! Pessoas amáveis, atenciosas, sérias e extremamente cordiais! Fui com bastante receio, assim como todos os doadores de primeira viagem, mas saí de lá com a certeza de que voltarei e levarei quem puder comigo! (CS5);

Sou doadora porque amo o que faço e serei até enquanto puder... faço isso porque hoje eu salvo vidas, amanhã alguém poderá salvar a minha [...]. Parabéns às pessoas que nos atendem lá, são super simpáticas e atenciosas [...] (CS6).

Outros relatos apontam sugestões e, até mesmo reclamações, que podem ser consideradas como demanda na gestão de marketing para aprimorar o atendimento e a experiência do doador com a instituição²¹, inclusive apontando possíveis falhas nos processos:

Doei pela 25ª vez no Hemoce e não deixarei de fazer jamais, mas o lanche diminui a cada dia e o sinal *wi-fi* nada no local! Isso tem de mudar para se tornar um atrativo e não o contrário! (CS7);

Procuro sempre um posto itinerante do Hemoce mais perto de mim. Gostaria de sugerir que esta página publique os locais de doação da semana toda. Assim, podemos nos programar com antecedência, convidar amigos (CS8)

A Gestão de Relacionamento com o Cliente (*Customer Relationship Management* - CRM) empregada no mundo digital comporta-se de forma diferente do CRM tradicional (Kotler, Kartajaya & Setiawan, 2017). No mundo digital, a gestão do relacionamento é voltada para o cliente e a partir dele, visto que este não observa o horário comercial de atendimento e espera por respostas instantâneas e personalizadas. Os autores apontam três formas de uso do CRM social: ouvir o cliente, captando ideias de conversas e relatos; envolver a marca nos diálogos, participando das conversas e sugerindo soluções por meio da empresa; e trabalhar as reclamações antes que a informação viralize (dissemine no mundo digital), sendo ideal que a empresa apresente soluções para os problemas (Kotler, Kartajaya & Setiawan, 2017).

Para facilitar a leitura da interação baseada no comportamento dos curtidores/seguidores, classificaram-se as publicações do hemocentro em seis tópicos (tabela 1). Assim, foi possível identificar, a partir das visualizações, que os curtidores/seguidores, de um modo geral, se engajam com as publicações da página.

Tópicos	Nº Publicações	Curtidas	Compartilhamentos	Comentários
<i>Divulgação de locais e horários de coletas</i>	265	4.144	507	113
<i>Divulgação de campanhas</i>	45	2.823	706	147
<i>Informações sobre doação (sangue, plaquetas e medula óssea)</i>	62	2.067	539	57
<i>Chamada para doação de sangue</i>	140	5.242	1.446	191
<i>Depoimentos e participação de doadores</i>	35	1.091	159	60
<i>Eventos institucionais</i>	47	1.470	282	75
Total	594	16.837	3.639	643

Tabela 1 – Mensuração do engajamento dos seguidores com as publicações do hemocentro, Fortaleza-Ce, julho a dezembro de 2017.

No período estudado foram publicados 594 posts, no formato de imagens e *gifs* (imagens em movimento), e mais de 2.280.000 pessoas visualizaram qualquer conteúdo associado à página. O Hemoce não utiliza o recurso de promover publicações pagas. Todas as postagens são orgânicas e o único custo é o operacional. Atualmente, a página é mantida pela Assessoria de Comunicação do órgão (Hemoce, 2018). Ainda nesse período, o número médio diário de pessoas que visitaram a página ou visualizaram uma de suas publicações no *feed* de notícias foi de aproximadamente 2.125 curtidores.

A Rock Content (2017) aponta que os registros de ‘compartilhamentos’ e ‘comentários’ refletem o genuíno engajamento do curtidor/seguidor com as ‘publicações’. Assim, foram calculados dois indicadores – *n1* e *n2* - com o objetivo de demonstrar a efetividade das publicações feitas na *FanPage* do Hemoce. A divisão dos ‘compartilhamentos’ com o ‘número de publicações’ (tabela 1), resultou em “*n1*” (gráfico 1). Cálculo similar foi utilizado em relação à coluna ‘comentários’ e o ‘número de publicações’ (tabela 1), obtendo-se “*n2*” (gráfico 1).

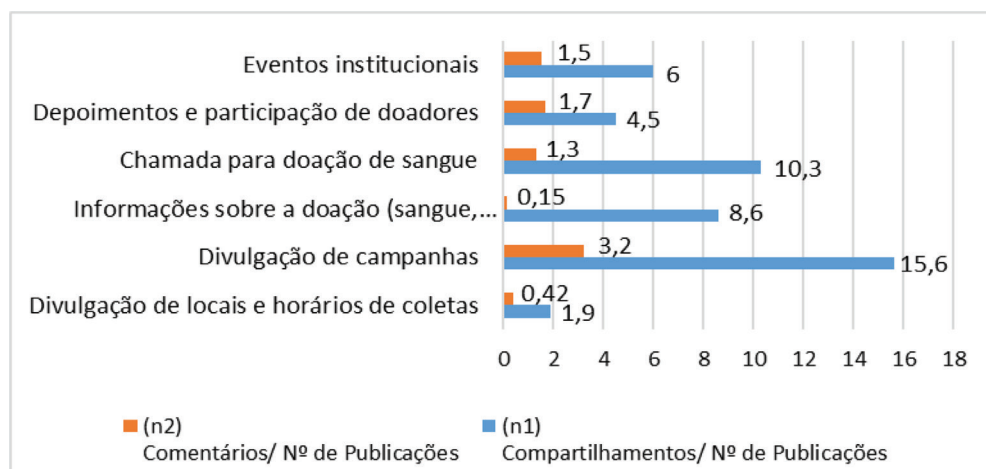


Figura 1 – Potencial de engajamento das publicações por temática, Fortaleza-Ce, julho a dezembro de 2017.

O Hemocentro tem investido fortemente em publicações que divulguem os locais e horários de coletas e que realizem chamadas para doação de sangue²¹. No entanto, a temática que registra maior engajamento social (*n1* = 15,6 e *n2* = 3,2) é a ‘Divulgação de Campanhas’, sugerindo o envolvimento dos curtidores/seguidores nesse tipo de comunicação e a participação voluntária na divulgação das campanhas. A temática ‘Chamada para Doação de Sangue’ apresentou o segundo maior engajamento (*n1* = 10,3 e *n2* = 1,3), mostrando que o público da *FanPage* se envolve na promoção da doação de sangue e atua na construção da saúde coletiva.

O ‘alcance viral’ das publicações da página do hemocentro chegou a 1.847.143 pessoas no período pesquisado. Entende-se por alcance viral o número de pessoas que visitaram a página ou uma de suas publicações a partir de uma história compartilhada (Facebook, 2017), ou seja viralização é um termo que surgiu com o crescimento do número de

usuários das redes sociais e blogs, cuja palavra refere-se aos conteúdos ou histórias que geraram repercussão na web. Essas histórias incluem curtidas e publicações na linha do tempo da página, comentários, compartilhamento das publicações, respostas a perguntas publicadas, respostas aos eventos criados, menções à página, marcações da página em uma foto ou *check-in* em uma das unidades do hemocentro.

Outrossim, o estudo da *FanPage* do Hemoce aponta o envolvimento contínuo de pessoas com a causa, registrando uma média de 602 curtidores/dia. Ressalta-se ainda que, no período da coleta de dados, mais de 130 mil pessoas envolveram-se com a página, seja por clique ou história criada, demonstrando o interesse em rede na temática da doação de sangue e a disposição dos internautas em falar sobre o assunto (Hemoce, 2017).

A maior parte dos curtidores é do gênero feminino (67%) e encontra-se na faixa etária de 18 a 44 anos (56%) (Hemoce, 2017). Já o envolvimento com as publicações acontece com 68% das mulheres e 32% dos homens. O *Facebook Business* define envolvimento como qualquer clique ou história criada a partir das publicações da página (Facebook, 2017).

Geograficamente, os curtidores concentram-se em Fortaleza (45.438), capital do Estado do Ceará, seguida pelos municípios de Maracanaú (2.785), Sobral (1.610), Juazeiro do Norte (1.423), Caucaia (1.185) e a capital do Estado de São Paulo, com 1.097 fãs, presentes ainda, em aproximadamente 45 municípios de todo o Brasil (Hemoce, 2017). Verificou-se um número considerável de curtidores em outros países, tais como: Portugal (153), Estados Unidos (106), Itália (67), Angola (38), Canadá (28) e mais 40 outros países dos seis continentes. Desde a globalização do *Facebook*, com a tradução da página para 35 línguas, em 2008, a sua internacionalização cresceu de forma exponencial (Kirckpatrick, 2011). Mark Zuckerberg afirma que o *Facebook* é destinado às pessoas de um modo geral, sem privilegiar faixa etária, gênero ou localidade, fundamentando sua atuação em pessoas reais e que compartilham informações livremente (Kirckpatrick, 2011).

Ao integrar virtualmente pessoas, organizações, grupos e segmentos sociais em torno de assuntos comuns, empáticos e polêmicos, o *Facebook* já possibilitou a organização de diversos movimentos e manifestações nas redes sociais. O monitoramento de relações discursivas e de poder, que se configuram de forma ambígua e adversa, é o grande desafio da governança em mídias digitais que, a um só tempo, promove e desacredita marcas, pessoas e instituições (Prado, 2015). No contexto da doação de sangue, é de fundamental importância conhecer o perfil e o papel dos curtidores e seguidores das *FanPages* dos hemocentros para que possam ser estabelecidas ações e serviços que motivem o acesso e o engajamento com a causa.

3.2.O papel dos curtidores/seguidores no exercício da equidade para a promoção da saúde

O engajamento social e o poder de alcance do *Facebook* tem estimulado a participação social voluntária e ressignificado a relação da comunidade com as instituições públicas e privadas, tanto na disseminação da informação, quanto na avaliação dos serviços. Kotler, Kartajaya & Setiawan (2017) afirmam que o objetivo mais relevante do *marketing* é conseguir evoluir a relação dos consumidores com a marca, partindo da assimilação para a apologia. Para tanto, esses autores apontam três fontes principais de influência: influência externa, influência do outro e influência própria.

As influências ‘externa’ e ‘do outro’ são exógenas ao indivíduo e tendem a determinar comportamentos em massa e a funcionarem de forma pontual. A influência própria advém da pessoa e, geralmente, resulta da vivência do consumidor com a marca. As três formas de influência possuem poder relevante e podem determinar a decisão de apoiar ou não uma determinada marca, empresa ou causa social (Kotler, Kartajaya & Setiawan, 2017).

A apologia à marca citada pelos autores, no caso da página do Hemoce, pode ser percebida pelo marketing espontâneo, expresso nas falas dos curtidores/seguidores, e captadas no *feed* de notícias e na seção de avaliação da página:

Sou doador voluntário com orgulho e convoco todos os cidadãos para doarem vida nesse ato de caridade... Amém!!! (CS9);

Neste período, os acidentes aumentam. Temos que comparecer a um posto de coleta mais próximo de casa... ‘Doe sangue, doe vida’ é simplesmente uma furadinha... Parabéns, você ajudou a várias pessoas mesmo sem conhecê-las. Amém, sou doador! (CS10).

Na promoção da saúde, investir em ações positivas, em manifestações e atitudes solidárias e altruístas contribui para fortalecer os princípios de universalidade, equidade e integralidade das ações do SUS, presentes na Lei Orgânica da Saúde (Brasil, 1990). A Carta de Ottawa afirma que “A saúde deve ser vista como um recurso para a vida, e não como objetivo de viver” e aponta os pré-requisitos para a obtenção desse estado social: “paz, habitação, educação, alimentação, renda, ecossistema estável, recursos sustentáveis, justiça social e equidade” (Carta de Ottawa, 1986, p.1).

Diversos relatos presentes na página do Hemoce denotam uma associação direta da doação de sangue com a manutenção da vida e a equidade, primando pela igualdade do acesso aos serviços de saúde, com olhar diferenciado para a diversidade e os mais necessitados (Zoboli, Fracoli & Granja, 2010).

A doação de sangue traduz a promoção da equidade pela própria comunidade empoderada do conhecimento e do valor social do voluntariado²¹, como mostram os relatos:

Sou doador desde 2006 e aconselho aqueles que têm interesse ou curiosidade, iniciar o hábito. Doação voluntária ajuda de formas diferentes, aproveitando os diversos componentes do sangue, que serão usados nos tratamentos de vários pacientes [...](CS11);

Vamos doar sangue minha gente! Afinal de contas, você conhece ou conheceu alguém que precise ou precisou de sangue. (CS12); e

Faça o BEM sem ver a QUEM. Sou doador voluntário e é com imenso prazer que pratico essa excelente ação, pelo menos, 3 vezes ao ano [...]. Seja DOADOR, inclusive de medula óssea. (CS13)

4. Discussão

A globalização gera paradoxos político-econômicos e socioculturais na sociedade e na construção de uma cultura global que influencia a participação das pessoas em questões mundiais, regionais e locais. Esse sentido paradoxal suscita uma busca por continuidade,

aproximando as pessoas e gerando uma preocupação com questões coletivas - desigualdade, sustentabilidade ambiental, participação social e responsabilidade comunitária (Kotler, Kartajaya & Setiawan, 2010).

As mídias sociais entram no contexto da saúde como um processo de comunicação com a população, empoderando e influenciando a participação da comunidade nas ações e serviços, a partir da aquisição do conhecimento. Nogara pontua que “a promoção da saúde visa estimular o protagonismo dos sujeitos, como forma de cidadania, em sua coletividade, exercendo-a pelas práticas de elaboração das políticas e implementação dentro de sua participação comunitária” (Nogara, 2015, p. 46).

Segundo Morais & Moreira (2015), a utilização do Facebook para prestação de serviços vem aumentando com relação a temas específicos, e destacam a divulgação de solicitações de doação de sangue para familiares e pessoas próximas, a fim de atender a alguma demanda específica. Em seu trabalho, esses autores propõem o desenvolvimento de um aplicativo, o qual utiliza o potencial do Facebook para a captação, fidelização e organização de doadores de sangue (Morais & Moreira, 2015).

Os resultados desta pesquisa corroboram com a afirmação de Rêgo (2010), segundo o qual o relacionamento com a população proporciona a gestão do sentimento de credibilidade entre o público e a instituição. No caso do Hemoce, o envolvimento orgânico dos seguidores está estimado em 4,36%. Esses números superam a métrica média do Brasil praticada atualmente, que é inferior a 2% (Rock Content, 2017). Exceder o alcance orgânico, ou seja, o alcance de postagens sem investimento, para além dos seguidores da página, reflete o alto poder de divulgação da ferramenta, possibilitando ampliar o universo de captação de doadores de sangue no universo de público potencial.

O alcance do *marketing* digital ganha especial importância no contexto da doação de sangue no Brasil, onde o sistema de saúde – incluindo os hemocentros - é formado por uma rede de provedores que envolve os segmentos público e privado e onde a decisão de realizar a doação é voluntária (Atrash & Parker, 2010). Por mais importantes que sejam os programas de recrutamento de doadores de reposição entre os familiares e amigos dos indivíduos hospitalizados (Carneiro-Proietti *et al.*, 2010), é crucial o desenvolvimento de estratégias para atrair e fidelizar novos doadores.

O *marketing* social pode ser compreendido como a adaptação das tecnologias do *marketing* tradicional na constituição de ações ágeis que objetivam incentivar o comportamento voluntário de um público com vistas ao bem-estar social (Andreasen, 2006). Nesse contexto, o *marketing* social se mostra “como um meio adequado para providenciar às políticas públicas alternativas de práticas mais eficientes e voltadas à minimização das dificuldades de captação e retenção dos doadores” (Barbosa & Costa, 2014, p. 1465).

Vale ressaltar outro desafio das estratégias para angariar doações de sangue – o direcionamento das campanhas ao usuário final. Nesse sentido, as ações que buscam mudanças no comportamento social devem trabalhar a percepção de valor que o indivíduo tem acerca do comportamento voluntário e estimular o sentimento de altruísmo (Barbosa & Costa, 2014).

Estudos mostram que tornar as informações públicas também ajuda a diminuir o medo da doação, o que é a principal influência negativa para essa ação (Barbosa & Costa, 2014; Atrash & Parker, 2010). Autores ponderam que a divulgação de informações sobre os critérios para doação de sangue, como o esclarecimento de dúvidas e ações motivacionais são fatores positivos que estimulam a prática da doação de sangue (Beerli-Palácio & Martin-Santana, 2009; Ludwig & Rodrigues, 2005). Nesse sentido, a divulgação contínua de informações na página do *Facebook* do Hemoce contribui para o esclarecimento da população e a captação de doadores.

Bousquet, Aleluia & Luz (2018) observaram que diversas estratégias vêm sendo empregadas em diversas regiões do Brasil para estimular a doação de sangue e referem a implementação de tecnologias comunicacionais em diversos hemocentros, além do desenvolvimento de ações intersetoriais entre a saúde e a educação. Esses autores afirmam que essas estratégias produzem resultados favoráveis à divulgação de informações sobre o ato de doação de sangue e reforçam a necessidade de estudos de implementação dessas tecnologias e seus efeitos no processo de doação de sangue.

Um dos fatores motivacionais para a doação de sangue é a consciência da necessidade de sangue por parte de familiares e amigos, proporcionada pela distribuição eficaz e pelo acesso à informação sobre o assunto (Shaz *et al.*, 2009). A doação voluntária, sem uma necessidade direta, exige uma ação altruísta, uma vez que, na maioria das vezes, não se conhece o doador nem o receptor (Wymer, 2010).

Nesse sentido, a página do *Facebook* em pauta personaliza as ações, uma vez que a pessoa que afirma ter doado sangue e/ou plaquetas convida pessoas do seu ciclo de convivência para a prática da doação ou compartilha as publicações, trazendo um caráter pessoal para a importância da doação. Além disso, o *marketing* espontâneo, proporcionado pelos relatos dos doadores e publicados em suas linhas do tempo, têm uma grande capacidade de dispersão, o que potencializa a mudança social, ao trazer a proposta de novos valores e elementos que possibilitam a construção de juízos de valor positivos acerca da doação (Kotler, Kartajaya & Setiawan, 2017).

Os resultados deste estudo demonstram que o *marketing* digital pelo *Facebook* do Hemoce atinge os objetivos de mobilização e engajamento social no contexto da doação de sangue. Além de divulgar as ações do hemocentro, a página do *Facebook* proporciona um espaço para o *marketing* espontâneo, demonstrando o número de compartilhamentos das publicações (tabela 2) e as falas dos usuários (Smith, 2002).

A página também oferece um espaço para sugestões, o que pode melhorar os serviços de saúde, apoiando os processos de governança dos órgãos responsáveis. Ademais, o sítio eletrônico oferece métricas que apontam o perfil dos seguidores, o desempenho da página e sua posição em relação a outros serviços do mesmo segmento. Esse canal de comunicação aberto e disponível para o cidadão oferece recursos de monitoramento de informações pertinentes à satisfação com o serviço e ainda abre espaço para interação com o público, gerando proximidade e envolvimento pessoal com a instituição (Kotler, Kartajaya & Setiawan, 2017).

Outro fato relevante refere-se à estratificação demográfica dos seguidores que a ferramenta oferece. Essas informações contribuem para avaliar o comportamento dos

fãs e definir o perfil dos curtidores, além de identificar a frequência de acesso, o horário com maior fluxo de pessoas conectadas e o conteúdo mais requerido.

5. Conclusões

Neste estudo, foi possível verificar os benefícios e a potencialidade do *Facebook* no contexto da doação de sangue, demonstrando a sua aplicabilidade no hemocentro analisado, uma vez que contribui de forma importante para a ampliação das possibilidades de comunicação com a sociedade e a otimização de recursos capazes de gerar empoderamento da população sobre a causa.

Partindo-se do pressuposto que a doação de sangue é um recurso para a manutenção da saúde e que atende ao requisito da equidade social por meio do acesso irrestrito ao serviço transfusional, a utilização do *Facebook* pode ser entendida, neste estudo, como uma prática de promoção da saúde. Por conseguinte, verifica-se que o Hemoce, a partir da sua *FanPage*, alcança maior visibilidade e apoio da comunidade a partir desse recurso de comunicação.

A pesquisa atendeu ao objetivo proposto e trouxe resposta à questão norteadora, uma vez que revela dados expressivos de engajamento social com a doação de sangue decorrentes do poder de mobilização do *Facebook*, sendo este um recurso eficaz de comunicação e de participação social, instrumentalizando a governança.

Sugere-se a realização de novas investigações em saúde no sentido de verificar o alcance e a eficácia da mobilização social em prol da promoção da saúde com a utilização das redes sociais.

Referências

- Andreasen, A. R. (2006). *Social marketing in the 21st century*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Arena. (2013). “*Meu Sangue É Rubro-Negro*” ganha prêmios em Cannes. Jun 19. Recuperado em 20 de janeiro, 2018, de <https://arenarubronegra.com/noticias/meu-sangue-e-rubro-negro-ganha-premios-em-cannes>.
- Atrash, H. K., & Parker, C. S. (2010). The public health response to blood disorders. *Am J Prev Med*, 38(4Suppl): S451-5. DOI: 10.1016 / j.amepre.2010.01.006
- Barboza, S. I. S., & Costa, F. J. (2014). Marketing social para doação de sangue: análise da predisposição de novos doadores. *Cad. Saúde Pública* [periódico na Internet], 30(7). Recuperado em 6 de dezembro, 2017, de http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2014000801463&lng=en&nrm=iso. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311X00133512>
- Beerli-Palacio, A., & Martín-Santana, J. D. (2009). Model explaining the predisposition to donate blood from the social marketing perspective. *Int. J.* 14(3), 205–214. Recuperado em 6 de dezembro, 2017, de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/nvsm.352/abstract>. DOI: <https://doi.org/10.1002/nvsm.352>

- Brasil. (1990). *Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. Lei Orgânica da Saúde. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências*. Brasília: Diário Oficial da União.
- Brasil. (2001). *Lei nº 10.205, de 21 de março de 2001. Regulamenta o § 4º do art. 199 da Constituição Federal, relativo à coleta, processamento, estocagem, distribuição e aplicação do sangue, seus componentes e derivados, estabelece o ordenamento institucional indispensável à execução adequada dessas atividades, e dá outras providências*. Brasília: Diário Oficial da União. Recuperado em 22 outubro, 2017, de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110205.htm
- Brasil. (2014). *Ministério da Saúde alerta que apenas 1,9% da população é doadora de sangue*. Portal Brasil. Recuperado em 22 de outubro, 2017, de <http://www.brasil.gov.br/eu-vou/ministerio-da-saude-alerta-que-apenas-1-9-da-populacao-e-doadora-de-sangue>
- Brasil. (2017). Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Especializada e Temática. *Cadernodeinformação: sangue e hemoderivados: dados de 2015 [recurso eletrônico]*. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Especializada e Temática. Brasília: Ministério da Saúde.
- Bueno, W.C. (2015). Avaliando as organizações nas mídias sociais: muito além das métricas. In: Bueno, W. C. (org). *Estratégias de comunicação nas mídias sociais*. São Paulo: Manole.
- Bousquet H M, Aleluia I R S, & Luz, L A (2018). Fatores Decisivos e Estratégias para Captação de Doadores em Hemocentros: Revisão Da Literatura. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, 17(1), 84–88. DOI: <http://dx.doi.org/10.9771/cmbio.v17i1.17510>
- Carneiro-Proietti, A. B., Sabino, E. C., Sampaio, D., Proietti, F. A., Gonzalez, T.T., & Oliveira, C. D. L.. (2010). Demographic profile of blood donors at three major Brazilian blood centers: results from the international REDS-II study, 2007 to 2008. *Transfusion*, 50, 918–25. DOI: 10.1111 / j.1537-2995.2009.02529
- Carta de Ottawa. (1986). *Primeira Conferência Internacional sobre Promoção da Saúde* (pp. 1). Ottawa.
- Centro de Hematologia e Hemoterapia do Ceará. (2017). *Plano Diretor de Regionalização da Assistência Hemoterápica do Estado do Ceará 2016-2019*. Fortaleza, CE: Secretaria da Saúde do Estado do Ceará.
- Centro de Hematologia e Hemoterapia do Ceará. (2018). *Hemoce* (Oficial). Recuperado em 2 de janeiro, de 2018, de <https://www.facebook.com/HemoceOficial/>
- Driessnack, M., Sousa, V. D., & Mendes, I. A. C. (2007). Revisão dos desenhos de pesquisa relevantes para enfermagem: Parte 3: Métodos mistos e múltiplos. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, 15(5): p. 1-5.

- Facebook Business. (2014). *Oito em cada dez brasileiros com acesso à Internet utilizam o Facebook*. set 11. Recuperado em 22 de novembro, 2017, de <https://www.facebook.com/business/news/BR-Oito-em-cada-dez-brasileiros-com-acesso-a-Internet-usam-o-Facebook>
- Facebook. (n.d.). *Facebook Business*. Recuperado em 22 de dezembro, 2017, de <https://business.facebook.com/>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (n.d.). *Projeção da População das Unidades da Federação por sexo e idade: 2000-2030*. Recuperado em 22 de outubro, 2017, de http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default_tab.shtm
- Kirkpatrick, D. (2011). *O efeito Facebook – os bastidores da história da empresa que conecta o mundo*. Rio de Janeiro: Intrínseca.
- Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2010). *Marketing 3.0 – as forças que estão definindo o novo marketing centrado no ser humano*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2017). *Marketing 4.0 – do tradicional ao digital*. Rio de Janeiro: Sextante.
- Kozinets, R. V. (2014). *Netnografia: Realizando pesquisa etnográfica online*. Porto Alegre: Penso.
- Lemos, A. (2012). *A comunicação das coisas: a Teoria Ator-Rede e cibercultura*. São Paulo: Anna Blume.
- Longaray A A, Anselmo C R, Maia C, Lunardi G, & Munhoz P (2018). Análise do emprego do F-commerce como impulsionador do desempenho organizacional em micro e pequenas empresas no Brasil. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (27), 67–85. DOI: 10.17013/risti.27.67–85.
- Ludwig, S. T., & Rodrigues, A. C. M. (2005). Doação de sangue: uma visão de marketing. *Cad. Saúde Pública*, 21(3), 932–939. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2005000300028>
- Marketing Best. (2012). *Case Esporte Clube Vitória: Meu Sangue É Rubro-Negro*. Dez 6. Recuperado em 22 de janeiro, 2018, de <http://www.marketingbest.com.br/marketing-best/case-esporte-clube-vitoria-meu-sangue-e-rubro-negro/>
- Mejia, J., Muñoz, M. & Feliu, T. S (2018). Tendencias en Tecnologías de Información y Comunicación. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (26),o DOI: 10.4304/risti.35.0.
- Minayo, M. C. S., Deslandes, S. F., & Gomes, R. (2013). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. (33a ed.). Petrópolis: Vozes.
- Moraes, É. J. & Moreira, R. F. (2015). Ferramentas para gestão de Hemocentros com aplicativo para divulgação de doações de sangue no Facebook. In: *Congresso Latino Americano de Gestão da Tecnologia*. Junho, 2015. Recuperado de <http://altec2015.nitec.co/altec/papers/735.pdf>

- Nogara, M. A. (2015). *Modalidades de expressão da subjetividade dos jovens gamers nas redes sociais: um estudo netnográfico*. Dissertação Maringá: Centro Universitário de Maringá.
- Organização Mundial de Saúde. (2010). *Towards 100% voluntary blood donation: A global framework for action*. Geneva: WHO.
- Paula, A. P. P. (2015). *Por uma nova gestão pública*. Rio de Janeiro: FGV.
- Prado, M. (2015). *Ciberativismo e Noticiário - da mídia torpedista às redes sociais*. Rio de Janeiro: Alta Books Editora.
- Prodanov, C.C., & Freitas, E. C. (2013). *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*, (2a ed.). Novo Hamburgo: Feevale.
- Rêgo, A. R. (2010). *Comunicação corporativa, marketing e política cultural: Brasil e Espanha*. São Paulo. Tese Doutorado em Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Comunicação. Universidade Metodista de São Paulo.
- Reis, E. A., & Reis, I. A. (n.d.). *Análise Descritiva de Dados. Relatório Técnico do Departamento de Estatística da UFMG*. Recuperado em 22 de janeiro, 2018, de <http://www.est.ufmg.br/portal/arquivos/rts/rteo202.pdf>
- Rock Content. (n.d.). *Marketing de Conteúdo. Métricas do Facebook: Como melhorar seus resultados*. Recuperado em 22 de dezembro, 2017, de <https://marketingdeconteudo.com/metricas-do-facebook/>
- Shaz, B. H., Demmons, D. G., Crittenden, C. P., Carnevale, C. V., Lee, M., & Burnett, M. (2009). Motivators and barriers to blood donation in African American college students. *TransfusApherSci*, 41, 191-7. DOI: 10.1016 / j.transci.2009.09.005
- Smith, W. A. (2002). Social marketing and its potential contribution to a modern synthesis of social change. *Soc Mar Q*, 8, 46–8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311X001>
- Souza, B. B. P. (2012). *Antecedentes e dimensões do engajamento dos usuários de redes sociais: um estudo com o FACEBOOK*. Tese. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais.
- Statista. (n.d.). *Número de usuários ativos mensais de Facebook em todo o mundo a partir do 3º trimestre de 2017 (em milhões)*. Recuperado em 22 de novembro, 2017, de <https://www.statista.com/statistics/264810/number-of-monthly-active-facebook-users-worldwide/>
- Wymer, W. W. (2010). Rethinking the boundaries of social marketing: activism or advertising? *J Bus Res*, 63, 99–103.
- Zoboli, E. L. C. P., Fracolli, L. A., & Granja, G. F. (2010). Equidade no SUS: em construção uma concepção política de justiça em saúde. *Revista Bioethikos - Centro Universitário São Camilo*, 4(2), 180–188. Recuperado de <http://www.saocamilo-sp.br/pdf/bioethikos/76/180a188.pdf>

Crítérios Editoriais

A RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) é um periódico científico, propriedade da AISTI (Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação), que foca a investigação e a aplicação prática inovadora no domínio dos sistemas e tecnologias de informação.

O Conselho Editorial da RISTI incentiva potenciais autores a submeterem artigos originais e inovadores para avaliação pelo Conselho Científico.

A submissão de artigos para publicação na RISTI deve realizar-se de acordo com as chamadas de artigos e as instruções e normas disponibilizadas no sítio Web da revista (<http://www.risti.xyz/>).

Todos os artigos submetidos são avaliados por um conjunto de membros do Conselho Científico, não inferior a três elementos.

Em cada número da revista são publicados entre cinco a oito dos melhores artigos submetidos.

Criterios Editoriales

La RISTI (Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información) es un periódico científico, propiedad de la AISTI (Asociación Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información), centrado en la investigación y en la aplicación práctica innovadora en el dominio de los sistemas y tecnologías de la información.

El Consejo Editorial de la RISTI incentiva autores potenciales a enviar sus artículos originales e innovadores para evaluación por el Consejo Científico.

El envío de artículos para publicación en la RISTI debe hacerse de conformidad con las llamadas de los artículos y las instrucciones y normas establecidas en el sitio Web de la revista (<http://www.risti.xyz/>).

Todos los trabajos enviados son evaluados por un número de miembros del Consejo Científico de no menos de tres elementos.

En cada número de la revista se publican cinco a ocho de los mejores artículos enviados.

Os asociados da AISTI recebem a RISTI gratuitamente, por correio postal. Torne-se associado da AISTI. Preencha o formulário abaixo e envie-o para o e-mail aistic@gmail.com

Los asociados de la AISTI reciben la RISTI por correo, sin costo alguno. Hazte miembro de la AISTI. Rellena el siguiente formulario y remítelo al e-mail aistic@gmail.com



Formulário de Associado / Formulario de Asociado

Nome/Nombre: _____

Instituição/Institución: _____

Departamento: _____

Morada/Dirección: _____

Código Postal: _____ Localidade/Localidad: _____

País: _____

Telefone/Teléfono: _____

E-mail: _____ Web: _____

Tipo de Associado e valor da anuidade:

☐ Individual - 35€

☐ Instituição de Ensino ou I&D/Institución de Educación o I&D - 250€

☐ Outro (Empresa, etc.) - 500€

NIF/CIF: _____

Data/Fecha: __/__/____ Assinatura/Firma: _____



Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información

©AISTI 2018 <http://www.aisti.eu>

