



Atas das Conferências Ibero-Americanas

WWW/Internet e Computação Aplicada

5 - 6 Dezembro, Lisboa, Portugal

2019

Editado por
Paula Miranda
Cristiano Costa
Pedro Isaías
Flávia Maria Santoro



iadis

international association for development of the information society

CONFERÊNCIAS IBERO-AMERICANAS

WWW/INTERNET 2019

e

**COMPUTAÇÃO APLICADA
2019**

ATAS DAS CONFERÊNCIAS IBERO-AMERICANAS

WWW/INTERNET 2019

e

**COMPUTAÇÃO APLICADA
2019**

LISBOA, PORTUGAL

5 – 6 DEZEMBRO, 2019

Organizada por



international association for development of the information society

Copyright 2019

IADIS Press

Todos os direitos reservados

Este trabalho está sujeito a direitos de autor. Todos os direitos são reservados, no todo ou em parte, mais especificamente os direitos de tradução, reimpressão, reutilização de ilustrações, re-citação, emissão, reprodução em microfilme ou de qualquer outra forma, e armazenamento em bases de dados. A permissão para utilização deverá ser sempre obtida da IADIS Press. Por favor contactar secretariat@iadis.org.

Somos membros da Crossref, uma organização sem fins lucrativos para a publicação de conteúdo académico e científico, que trabalha para tornar o conteúdo fácil de localizar, vincular, citar e aceder. Com esta parceria, cada artigo publicado nas conferências da IADIS receberá um número DOI (Digital Object Identifier) para uma fácil e rápida citação e indexação.

Editado por Paula Miranda, Cristiano Costa, Pedro Isaías e Flávia Maria Santoro

Editor Associado: Luís Rodrigues

ISBN: 978-989-8533-96-8

ÍNDICE

PREFÁCIO	xi
COMITÉ DO PROGRAMA	xiii
PALESTRA CONVIDADA	xviii

ARTIGOS LONGOS

ACEITAÇÃO DA TECNOLOGIA VDI NO AMBIENTE UNIVERSITÁRIO: O CASO DO ISCTE-IUL <i>João Machado e Bráulio Alturas</i>	3
UMA ANÁLISE DO USO DE FERRAMENTAS EM DESENVOLVIMENTO DISTRIBUÍDO DE SOFTWARE PARA ATUALIZAÇÃO DA PLATAFORMA ANDROID <i>Hualter O. Barbosa, Bruno A. Bonifacio, Thiago M. Menezes, Luis Felipe Uebel, Fernando B. Pires e Andre F. Neto</i>	11
O BPMN E O LEAN NA PADRONIZAÇÃO E MELHORIA CONTÍNUA DOS PROCESSOS: UMA METODOLOGIA APLICADA NUM CASO PRÁTICO <i>Sara Castro e Leonor Teixeira</i>	19
UM ESTUDO SOBRE ANÁLISE, REPRESENTAÇÃO E DETECÇÃO DE INTENÇÕES DE CRIMINOSOS EM POSTAGENS EM MÍDIA SOCIAL <i>Ricardo Resende de Mendonça, Ferruccio de Franco Rosa e Rodrigo Bonacin</i>	27
UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA EXPLORATÓRIA SOBRE AFFORDANCES E NORMAS SOCIAIS <i>Alysson Bolognesi Prado</i>	37
PROPOSTA DE MODELO DE REFERÊNCIA DE INTELIGÊNCIA DE AMEAÇAS <i>Bruce William Percílio Azevedo, William F. Giozza, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça, Demétrio Antônio da Silva Filho, Rafael Timóteo de Sousa Júnior e Robson de Oliveira Albuquerque</i>	46
O FATOR HUMANO DA CIBERSEGURANÇA NAS ORGANIZAÇÕES <i>Rita Santos Gonçalves e Sérgio Nunes</i>	55
MAPEAMENTO COLABORATIVO DE TURISTAS E RESIDENTES EM REDES SOCIAIS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO GROUNDED THEORY <i>Aline Morais, Alana Morais e Eduardo Serafim</i>	63
SISTEMA DE APOIO AO TURISMO ACESSÍVEL: ESTUDO E CONCEPTUALIZAÇÃO DE UMA APLICAÇÃO WEB <i>Pedro Teixeira, Leonor Teixeira e Celeste Eusébio</i>	71

ARQUITETURA PARA INTEGRAÇÃO DE SERVIÇOS VIA API REST PARA PLATAFORMA DE ACERVOS DIGITAIS <i>Larissa Herculano, Matheus de Carvalho Sobrinho, Dário Pereira dos Santos, Arioaldo Dias Furtado, Lucimar Rizzo Lopes dos Santos e Daniel Alves da Silva</i>	79
UTILIZAÇÃO DE ALGORITMOS GENÉTICOS EM GERAÇÕES DE DADOS DE TESTE DE SOFTWARE COM AGRUPAMENTO DE GENES E REDUÇÃO DE ESPAÇO DE BUSCA <i>Francisco Vitor Lopes da Frota, Walter Lucas Monteiro de Mendonça, Daniel Alves da Silva, Márcio A. de Souza Fernandes, Nilton Freitas Barbosa e Edna Dias Canedo</i>	87
PROJETO DE LINKS DE FIBRAS ÓPTICAS USANDO TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL <i>Bruno Cesar dos Santos Lima, Israel Avanci Marques, Nizam Omar e Rafael Euzébio Pereira de Oliveira</i>	94
DOJON: VIRTUALIZANDO O CONCEITO DO CODING DOJO EM UM AMBIENTE COLABORATIVO PARA A PRÁTICA DE PROGRAMAÇÃO <i>Sahudy Montenegro González, Annabell del Real Tamariz e Natalie Fernández del Real</i>	101
PHISHING-PT: BASE DE DADOS EM PORTUGUÊS PARA FILTRAGEM AUTOMÁTICA DE PHISHING EM E-MAIL <i>Lucas Scaravelli, Kenzo Ikeizume, Rodrigo Nogueira e Johannes Lochter</i>	109
O TEU MESTRE- PLATAFORMA DE ENSINO À DISTÂNCIA <i>Daniel Azevedo e Paula Morais</i>	116
FORMAÇÃO CONTÍNUA NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO: A METODOLOGIA BIM <i>Alcínia Zita Sampaio</i>	125
SOCIAL CRM E FINTECH: ANÁLISE DE PUBLICAÇÕES INTERNACIONAIS 2008-2018 <i>Liliane Araújo, Cristiana de Muylder, João Ricardo Guerra, Olaf Reinhold e Julio Viana</i>	133
PLATAFORMA DE AVALIAÇÃO DE FUNÇÕES EXECUTIVAS COM TESTES NEUROPSICOLÓGICOS COMPUTADORIZADOS <i>Ana Garcia, Fabíola Fleury, Gabriel Silva, Hugo Honda e Maria Clotilde H. Tavares</i>	140
ARQUITETURA DE REDUNDÂNCIA DE GATEWAYS IOT EM REDES ZIGBEE <i>Paulo T. G. Mascarenhas, Francisco Lopes de Caldas Filho, Cássio F. C. Ribeiro, Lucas M. C. e Martins, Pedro H. L. da Costa e Rafael Timóteo de Sousa Júnior</i>	147
DESENVOLVIMENTO DE MODELO HIERÁRQUICO DE MIDDLEWARES COM APLICAÇÃO DE FOG COMPUTING PARA REDES IOT <i>João T. M. de Menezes, Pedro H. L. da Costa, Dayanne F. da Cunha, Francisco Lopes de Caldas Filho, Lucas M. C. e Martins e Fábio Lúcio Lopes de Mendonça</i>	155
SEGURANÇA DO AMBIENTE USANDO DISPOSITIVO IOT COM PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO <i>Bruno J. G. Praciano, Francisco Lopes de Caldas Filho, Lucas M. C. e Martins, Dayanne F. da Cunha, Daniel Alves da Silva e Rafael Timóteo de Sousa Júnior</i>	163

ESTUDO DE SOLUÇÕES VPN SITE-TO-SITE SEGUNDO AS TÉCNICAS CRIPTOGRÁFICAS EMPREGADAS	171
<i>André Luiz L. Andrade, Pedro Burached de Oliveira, Francisco Lopes de Caldas Filho, Ugo Silva Dias, Rafael Timóteo de Sousa Júnior e Robson de Oliveira Albuquerque</i>	
ESTATÍSTICAS PARA DETECÇÃO DE BOTS EM REDES SOCIAIS	179
<i>Caio Henrique Assad Racy, Kelton Augusto Pontara da Costa, Miguel José das Neves e Thiago José Lucas</i>	
MODELO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS EM SUPORTE TECNOLÓGICO À DETECÇÃO DE CARTEIS EM LICITAÇÕES PÚBLICAS	191
<i>Gerson do Nascimento Silva, Francisco Lopes de Caldas Filho, Vinicius Eloy dos Reis, Bruno Justino Praciano, João Paulo Lustosa e Rafael Timóteo de Sousa Júnior</i>	
AGRUPAMENTO DE DADOS MISTOS BASEADOS NO ALGORITMO K-MEANS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	199
<i>Nádia Junqueira Martarelli e Marcelo Seido Nagano</i>	
ANÁLISE DO DESEMPENHO DOS ALUNOS DE CURSOS SUPERIORES EM COMPUTAÇÃO NO ENADE – UMA ABORDAGEM USANDO MINERAÇÃO DE DADOS	207
<i>Alessander Figueiredo Silva, Raphael Magalhães Hoed e Pedro Fábio Saraiva</i>	
BLENDED LEARNING E PROBLEM BASED LEARNING APLICADOS NO ENSINO DOS CONCEITOS DE SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO	215
<i>Bruno Anselmo Guilhen e Sérgio Takeo Kofuji</i>	
NUEVO OPERADOR DE AGREGACIÓN PARA GRUPOS DE PROCESOS	223
<i>Federico Agostini, David Luis La Red Martínez y Jorge Tomás Fornerón Martínez</i>	

ARTIGOS CURTOS

PRESERVAÇÃO DE DOCUMENTOS ARQUIVÍSTICOS DIGITAIS: UM ESTUDO INICIAL DE SEGURANÇA E VULNERABILIDADES EM DOCKER CONTAINER PARA CRIAÇÃO DE SERVIÇOS DE RDC-ARQS	233
<i>Nilton Freitas Barbosa, Guilherme Fay Vergara, Daniel Alves da Silva, Fábio G. Ferreira Tabosa, Flávio Garcia Praciano e Georges Daniel Amvame-Nze</i>	
APLICAÇÃO PARA A WEB PARA ANÁLISE DE IMAGENS TÉRMICAS EM AGRICULTURA DE REGADIO	238
<i>Tiago Levita, Diana Gonçalves, Qingfeng Miao e José Manuel Gonçalves</i>	
DESENVOLVIMENTO INTERATIVO DE UM ROBÔ PARA EXECUÇÃO DE ATAQUES DE ENGENHARIA SOCIAL NO TWITTER	243
<i>Jefferson Viana Fonseca Abreu, Jorge Henrique Cabral Fernandes e João José Costa Gondim</i>	
ESTUDO EXPERIMENTAL DA BIOMETRIA COMPORTAMENTAL PARA AUTENTICAÇÃO CONTÍNUA DE USUÁRIOS EM APLICAÇÕES BANCÁRIAS MOBILE	248
<i>Priscila Moraes Argôlo Bonfim Estrela, Dino Macedo Amaral, Robson de Oliveira Albuquerque, William Ferreira Giozza, Georges Daniel Amvame-Nze e Alexandre Solon Nery</i>	

MEJORAS EN LA RECOGIDA DE ENVASES RECICLABLES: PROYECTO IRIS 4.0 <i>Jesús María Aransay Azofra, Víctor Galilea Martín y Inés Hernández</i>	253
DRA. LARA: ASSISTENTE VIRTUAL DE APOIO E ACOMPANHAMENTO AO PRÉ-NATAL <i>Laryssa Carvalho, Marianne Albuquerque, Rodrigo Nogueira e Johannes Lochter</i>	257
FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SATISFACCIÓN DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE GRADO AL HACER USO DEL ENTORNO VIRTUAL DE APRENDIZAJE SAKAI. ANÁLISIS UTILIZANDO EL MODELO DE ACEPTACIÓN TECNOLÓGICA TAM EXTENDIDO <i>Antonio Paños Álvarez y Carolina López Nicolás</i>	261
BLOCKCHAIN PARA OPERAÇÕES INTERBANCÁRIAS <i>Raphael Alves Bruce, Rafael Timóteo de Sousa Júnior, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça, João Paulo Pimentel, Maristela Terto de Holanda e Francisco Lopes de Caldas Filho</i>	265
ANÁLISIS TECNO-ECONÓMICO DEL DESPLIEGUE DE UNA ARQUITECTURA DE RED VIRTUALIZADA <i>Jesús Calle-Cancho, Javier Carmona-Murillo, David Cortés-Polo y José-Luis González-Sánchez</i>	269
WACOP: PLATAFORMA DE SOFTWARE PARA MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL DE FORMA INTELIGENTE <i>Guilherme Silvestre Giazzi, Israel Florentino dos Santos e Leandro Pupo Natale</i>	275
ARQUITETURA E DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE EDUCATIVO PARA O ENSINO DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA <i>Rafael Dornelles Lima, Cristiane de Fatima Budek Dias, Guataçara dos Santos Junior, Cristina Maria Mesquita Gomes e Rui Pedro Sanches de Castro Lopes</i>	280
REFLEXIONES SOBRE EL DERECHO FRENTE A LAS TECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS <i>Margarita Robles Carrillo</i>	285
PROVA DE CONCEITO SOBRE IMPACTOS EPISTÊMICOS E ONTOLÓGICOS NA INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA DE TERMINOLOGIAS CLÍNICAS <i>Jeanne Louize Emygdio e Maurício Barcellos Almeida</i>	290
DETECCIÓN DE PATRONES DE COMPORTAMIENTO HUMANO EN AMBIENTES INTELIGENTES: UN MAPEO SISTEMÁTICO DE FUENTES SECUNDARIAS <i>María Luisa Córdoba-Tlaxcalteco y Edgard Benítez-Guerrero</i>	295
SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE IRRIGAÇÃO (SIGI): CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO <i>Vanessa Robalo dos Santos, Marta Breunig Loose e Luís Henrique Loose</i>	300
MINERÍA DE FLUJOS DE DATOS: UN MAPEO SISTEMÁTICO DE FUENTES SECUNDARIAS <i>María Yesenia Zavaleta-Sánchez y Edgard Benítez-Guerrero</i>	305
REDES DE SENSORES SEM FIO PARA MONITORAMENTO E DETECÇÃO DE DESLIZAMENTOS DE TERRA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA <i>Anderson Silvério Mendrot Filho e Denise Stringhini</i>	309

ARTIGOS DE REFLEXÃO

- PROPOSIÇÃO DE UM MODELO EXPERIMENTAL DE CADEIA DE VALOR NO SETOR PÚBLICO EM ATENDIMENTO ÀS NECESSIDADES DO CIDADÃO 317
Marília Cristina Sassim Jesus, Ulisses Sampaio Soares, Valéria Brito de Sousa, Stela Gomes Faiad, Deborah Virgínia Macedo Arôxa e Carlos Eduardo Lacerda Veiga
- ANÁLISE DO IMPACTO DAS TÉCNICAS ANTI-FORENSE E HARDENING NO SISTEMA OPERACIONAL WINDOWS 10 EM UMA ANÁLISE FORENSE, OBJETIVANDO O AUMENTO DE SEGURANÇA EM NOTEBOOKS 321
Lucas Maurício Alves Ziganow, Georges Daniel Amvame-Nze, Rafael Timóteo de Sousa Júnior e William Ferreira Giozza
- HACIA UN MODELO PARA LA GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE INTERFACES GRÁFICAS CENTRADAS EN EL USUARIO 325
Pedro Omar Silva-Vásquez, Edgard Benítez-Guerrero y Viviana Yarel Rosales-Morales
- CIÊNCIA DE DADOS APLICADA A CONTENÇÃO DE DEMANDAS JUDICIAIS DE MEDICAMENTOS DE ALTO CUSTO NO BRASIL 329
Adriana Barbosa Lima, Márcio Bastos Medeiros, Carlos Eduardo Lacerda Veiga, Daniel Alves da Silva, Fabio Lucio Lopes Mendonça e Georges Daniel Amvame-Nze

POSTERS

- SISTEMA PARA GERENCIAMENTO E MANEJO DE ÁRVORES EM AMBIENTE URBANOS COM FOCO EM CIDADES INTELIGENTES 337
Gabriel Dias Marinho, Joaquim Pessoa Filho e Leandro Pupo Natale
- CLASSIFICAÇÃO DE TRÁFEGO COM TÉCNICAS DE DEEP LEARNING PARA GERÊNCIA DA SEGURANÇA NO CONTROLE DE REDES SDN 340
Ludimila O. Félix, Mateus Romani, Georges D. Amvame-Nze, Rafael Timóteo de Sousa Júnior, Robson de Oliveira Albuquerque e Bruce William Percílio Azevedo

CONSÓRCIO DE PÓS-GRADUADO

- TMR SELECTIVA Y RECONFIGURACIÓN PARCIAL DINÁMICA PARA MEJORAR LA TOLERANCIA A FALLOS DE CIRCUITOS EMBARCADOS 345
Federico Fernández, Juan Carlos Fabero y Hortensia Mecha

ÍNDICE DE AUTORES

PREFÁCIO

Estas atas contêm os artigos e posters das Conferências Ibero-Americanas: WWW/Internet 2019 e Computação Aplicada 2019, organizadas pela *International Association for Development of the Information Society* em Lisboa, Portugal, de 5 a 6 de dezembro 2019.

A conferência Ibero-Americana WWW/Internet 2019 (CIAWI 2019) pretende focar os principais aspetos relacionados com a WWW e a Internet.

A WWW e a Internet tiveram um crescimento significativo nos últimos anos. As preocupações já não se centram apenas nos aspetos tecnológicos e torna-se notório o despertar para outros aspetos. Esta conferência pretende abordar ambos os aspetos, tecnológicos e não tecnológicos relacionados com este desenvolvimento:

- **Web 2.0:** Sistemas Colaborativos, Redes Sociais, Folksonomias, Wikis e Blogs Empresariais, Mashups e Programação Web, Tags e Sistemas de Categorização do Utilizador, Jornalismo Cidadão.
- **Web Semântica e XML:** Arquiteturas, Middleware, Serviços, Agentes, Ontologias, Aplicações, Gestão de Dados e Recuperação de Informação.
- **Aplicações e Utilizações:** e-Learning, e-Commerce/e-Business, e-Government, e-Health, e-Procurement, e-Society, Bibliotecas Digitais, Serviços Web/Software como Serviço, Interoperabilidade de Aplicações, Tecnologias Multimedia para a Web.
- **Serviços, Arquitecturas e Desenvolvimento da Web:** Internet Wireless, Internet Móvel, Computação em Cloud/Grid, Métricas Web, Web Standards, Arquitecturas da Web, Algoritmos de Rede, Arquitecturas de Rede, Computação em Rede, Gestão de Redes, Performance de Rede, Tecnologias de Distribuição de Conteúdos, Protocolos e Standards, Modelos de Tráfego.
- **Questões de Investigação:** Web Ciência, Gestão de Direitos Digitais, Bioinformática, Usabilidade e Interação Humano-Computador, Segurança e Privacidade na Web, Sistemas de Confiança e Reputação Online, Data Mining, Recuperação de Informação, Otimização de Motores de Busca.
- **Prática e Experiência Industrial:** Aplicações Empresariais, Casos de Estudo de Empresas, Sistemas de Informação Empresariais

A conferência Ibero-Americana Computação Aplicada 2019 (CIACA 2019) tem como objetivo abordar os principais temas de interesse dentro da área de computação aplicada e tópicos relacionados. Esta conferência aborda aspetos essencialmente técnicos.

Todas as áreas relacionadas à Computação Aplicada são de interesse, incluindo, mas não limitado, às seguintes áreas:

- **Campos de Aplicação:** eCommerce e ePayment, eLearning, eHealth e eSports, Serviços de TI, Computação Móvel, Gestão e Distribuição de Conhecimento.
- **Desempenho:** Sistemas Distribuídos e Paralelos, Computação em Grid, Avaliação e Análise, Sistemas Inteligentes, Aplicações em Larga Escala, Armazenamento Local e Distribuído.

- **Usabilidade:** Automação de Serviços, Computação centrada no ser humano, Multimídia e Visualização, Modalidades de Interface do Usuário, Personalização e Sistemas Empáticos, Realidade Virtual.
- **Conceitos Fundamentais e Engenharia:** Algoritmos, Bases de Dados e Mineração de Dados, Sistemas de Informação, Aquisição e Agregação de Informação, Linguagens e Conceitos de Programação, Segurança e Privacidade.
- **Comunicação:** IoT (Internet das Coisas), Indústria 4.0, Sistemas Móveis e Redes, Protocolos, Padrões e Linguagens de Mark-up, Redes de Sensores, Aplicativos e Tecnologias da WWW.
- **Hardware:** Computação Embarcada (Embedded Computing), Construções Favoráveis ao Meio Ambiente, Aspectos Móveis, Nós de IoT, Conceitos e Dispositivos de Segurança, Streaming de Informações de Banda Larga.

Estas conferências receberam 156 submissões. Cada submissão foi avaliada por uma média de quatro revisores independentes para assegurar o elevado nível final das submissões aceites. O resultado final foi a publicação de 28 artigos longos (correspondentes a uma taxa de aceitação de 18%), sendo publicados também artigos curtos, artigos de reflexão, consórcio de pós-graduado e posters.

Como sabemos, a organização de uma conferência requer o esforço de muitas pessoas. Gostaríamos de agradecer a todos os membros do Comité de Programa pelo trabalho realizado na revisão e seleção dos artigos que constam destas atas.

Estas atas resultam da contribuição de um variado número de autores. Estamos gratos a todos os autores que submeteram os seus artigos. Agradecemos igualmente ao nosso orador convidado, Prof. Dr. Cristiano André da Costa, *Coordinator of SOFTWARELAB: Unisinos Software Innovation Lab, Applied Computing Graduate Program, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Brasil* por ter aceitado dar uma palestra. Também gostaríamos de agradecer a todos os membros do comité de organização e delegados cuja contribuição e envolvimento são cruciais para o sucesso destas conferências.

Por fim, desejamos que todos os participantes tenham uma excelente estadia em Lisboa. Convidamos todos os participantes para as edições do próximo ano das conferências Ibero-Americanas WWW/Internet e Computação Aplicada 2020.

Paula Miranda, Escola Superior de Tecnologia, IPS, Portugal

Cristiano Costa, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

Pedro Isaías, The University of New South Wales (UNSW Sydney), Australia

Flávia Maria Santoro, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Co-Chairs

Lisboa, Portugal

5 de dezembro de 2019

COMITÉ DO PROGRAMA

CONFERÊNCIA IBERO-AMERICANA WWW/INTERNET

CO-CHAIRS

Flávia Maria Santoro, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
Paula Miranda, Escola Superior de Tecnologia, IPS, Portugal

PROGRAM CO-CHAIRS

Pedro Isaías, The University of New South Wales (UNSW Sydney), Australia
Cristiano Costa, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

MEMBROS DO COMITÉ

Adriana Soares Pereira, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
Alberto Cano Rojas, Virginia Commonwealth University, EUA
Alejandro Zunino, Tandil University, Argentina
Alexandra Queiros, Universidade de Aveiro, Portugal
Álvaro Suárez Sarmiento, Las Palmas de Gran Canaria University, España
Ana Guimarães, Isla Gaia, Portugal
Anibal Zaldivar Colado, Universidad Autonoma de Sinaloa, Mexico
Antonio Lencastre Godinho, ISLA-IPGT, Portugal
Antonio Paños Alvarez, Universidad de Murcia, España
Armando Mendes, Universidade dos Açores, Portugal
Arnaldo Martins, Universidade de Aveiro, Portugal
Bráulio Alturas, ISCTE-IUL, Portugal
Carine Geltrudes Webber, Universidade de Caxias do Sul, Brasil
Carlos Serrão, ISCTE-IUL, Portugal
Claudia Marcos, Unicen University, Argentina
Cristian Mateos, ISISTAN - CONICET, Argentina
Denis S. Silveira, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Dominique Decouchant, Universidad Autonoma Metropolitana, Mexico
Duncan Ruiz, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil
Emilio Insfran, Universitat Politècnica de València, España
Erick Lopez Ornelas, Universidad Autonoma Metropolitana (UAM), Mexico
Fábio Ferrentini Sampaio, NCE - UFRJ, Brasil
Fatima Armas, Universidade de Coimbra, Portugal
Federico Botella, Miguel Hernandez University of Elche, España
Felipe Gustsack, Universidade de Santa Cruz do Sul, Brasil
Fernanda Alencar, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Fernanda Campos, UFJF, Brasil

Fernando Ribeiro, Instituto Politecnico de Castelo Branco, Portugal
 Fernando Moreira, Universidade Portucalense, Portugal
 Francisco J. Garcia Penalvo, Universidad de Salamanca, España
 Georgia Gomes, Universidade Federal Fluminense - UFF - INFES, Brasil
 Guillermo Feierherd, Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Argentina
 Heitor Costa, Universidade Federal de Lavras, Brasil
 Henrique Teixeira Gil, Escola Superior de Educação - Instituto Politécnico, Portugal
 Hugo Aparicio, Universidad Tecnologica Nacional de Argentina, Argentina
 Inácio Fonseca, ISEC, Portugal
 Inmaculada Medina Bulo, Universidad de Cadiz, España
 Iolanda Cláudia Sanches Catarino, Universidade Pitágoras Unopar (UNOPAR), Brasil
 João Bosco Sobral, Universidade Federal da Santa Catarina, Brasil
 Joaquim Sousa Pinto, Universidade de Aveiro, Portugal
 Jorge Barbosa, UNISINOS, Brasil
 José Manuel Gonçalves, Escola Superior Agrária de Coimbra, Portugal
 Jose Metrolho, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal
 Juan Jose Pardo, University of Castilla-la Mancha, España
 Juncal Gutiérrez-Artacho, Department of Translation and Interpreting- Univer, España
 Leonor Teixeira, Universidade de Aveiro, Portugal
 Lidia Oliveira Silva, Universidade de Aveiro, Portugal
 Lucia Giraffa, PUCRS, Brasil
 Luis Martinez, Universidad de Jaen, España
 Luís Mendes Gomes, Universidade dos Açores, Portugal
 Luisa Domingues, ISTAR-IUL, Portugal
 Marcus Guelpeli, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
 Maria Clícia Stelling de Castro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
 Maricela Bravo, UAM - Azcapotzalco, Mexico
 Miguel Ángel Marzal, Universidad Carlos III de Madrid, España
 Monica Costa, Instituto Politecnico de Castelo Branco, Portugal
 Nuno Fortes, Instituto Politécnico de Coimbra, ESTGOH, Portugal
 P. Pablo Garrido Abenza, Universidad Miguel Hernandez, España
 Pablo Muñoz Martínez, Universidad de Alcalá, España
 Patricia Scherer Bassani, Universidade Feevale, Brasil
 Paula Oliveira, Universidade de Trás-os-montes e Alto Douro, Portugal
 Paulo Trigo, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Portugal
 Paulo Loureiro, Instituto Politécnico de Leiria, Portugal
 Pedro Pina, Instituto Politécnico de Coimbra - ESTGOH, Portugal
 Rita Suzana Maciel, Universidade Federal da Bahia, Brasil
 Roberto Murphy, Inaoe, Mexico
 Rocio Abascal Mena, Universidad Autonoma Metropolitana - Cuajimalpa, Mexico
 Salvador Alcaraz, Universidad Miguel Hernandez, España
 Vitor Gonçalves, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal
 Yolanda Escudero Martin, Universidad Carlos III de Madrid, España
 Yuska Aguiar, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
 Zita Sampaio, Instituto Superior Técnico, Portugal

CONFERÊNCIA IBERO-AMERICANA COMPUTAÇÃO APLICADA

CO-CHAIRS

Cristiano Costa, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
Paula Miranda, Escola Superior de Tecnologia, IPS, Portugal

PROGRAM CHAIR

Pedro Isaías, The University of New South Wales (UNSW Sydney), Australia

MEMBROS DO COMITÉ

Amaury Antonio De Castro Jr, Faculdade de Computação - UFMS, Brasil
Andrea Teresa Riccio Barbosa, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
Antonio Marti Campoy, Universitat Politècnica de València, Espanha
Antonio Rito Silva, Universidade de Lisboa, Portugal
Carla Osthoff, Laboratório Nacional de Computação Científica, Brasil
Carlos Holbig, Universidade de Passo Fundo, Brasil
Carlos Montez, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Carlos Valencio, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Brasil
Celso Costa, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil
Dolores Isabel Rexachs del Rosario, UAB, Espanha
Elisangela Silva Da Cunha Rodrigues, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
Fabio Iaione, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
Fabricio Augusto Rodrigues, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
Fernando Osorio, Universidade de São Paulo - ICMC, Brasil
Geraldo Francisco Donega Zafalon, UNESP/SJRP, Brasil
Javier Muguerza, Universidad del Pais Vasco, Espanha
Jose Angel Banares Banares, Universidad de Zaragoza, Espanha
Jose L. Sanchez, Universidad de Castilla-la Mancha, Espanha
Juan Vicente Capella Hernandez, Universitat Politècnica de València, Espanha
Julian Grigera, Universidad Nacional de la Plata, Argentina
Kleinner Farias, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil
Leandro Antonelli, Universidad Nacional de la Plata, Argentina
Leandro Neves, São Paulo State University (UNESP), Brasil
Lilia Munoz, Universidad Tecnologica de Panama, Panama
Marcelo Da Silva Hounsell, Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil
Márcio Castro, Federal University of Santa Catarina (UFSC), Brasil
Marco Antonio Sandini Trentin, Universidade de Passo Fundo, Brasil

Marco Aurélio Spohn, UFFS, Brasil
Marcos Fagundes Caetano, Univerisidade de Brasília, Brasil
Margrit Krug, UNISINOS, Brasil
Maria Jose Gil, Universidad de Deusto, España
Marisa Panizzi, Universidad de Morón, Argentina
Merisandra Côrtes de Mattos Garcia, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Brasil
Olatz Arbelaiz, Universidad del Pais Vasco, España
Pablo Rabanal, Universidad Complutense de Madrid, España
Rafael Mayo-Garcia, Ciemat, España
Rafael Pasquini, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Rafael Sachetto, Universidade Federal de São João de Rei, Brasil
Remo Suppi, Universitat Autònoma de Barcelona, España
Roberto Willrich, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Rogéria C. G. Souza, UNESP/SJRP, Brasil
Rogerio Antonio Casagrande, UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Brasil
Sandro Da Silva Camargo, Universidade Federal do Pampa, Brasil
Tales Bogoni, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Valeria Quadros, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
Vicente González A., Universidad Catolica, Paraguay

PALESTRA CONVIDADA

INTERNET DAS COISAS DE SAÚDE: REVOLUCIONANDO A MEDICINA COM SMARTPHONES, WEARABLES E MACHINE LEARNING

Pelo Prof. Dr. Cristiano André da Costa,
Coordinator of SOFTWARELAB: Unisinos Software Innovation Lab,
Applied Computing Graduate Program,
Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS,
Brasil

RESUMO

Os avanços na área de computação começam a impactar significativamente a área da saúde. Nos próximos anos viveremos grandes transformações advindas da popularização dos smartphones, acesso ubíquo à Internet e também do uso em grande escala dos wearables (sensores vestíveis). Aliado a isso, a tecnologia tem permitido cada vez mais o aumento na precisão dos diagnósticos aliado a redução de custos, a partir do emprego de diversas técnicas de predição, baseadas em algoritmos inteligentes. Tudo isso colabora para um cenário de forte transformação na área da saúde, impactada pelos avanços tecnológicos que vem sendo desenvolvidos em nível mundial.

Artigos Longos

ACEITAÇÃO DA TECNOLOGIA VDI NO AMBIENTE UNIVERSITÁRIO: O CASO DO ISCTE-IUL

João Machado e Bráulio Alturas

*Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), ISTAR -IUL,
Instituto Universitário de Lisboa, Av. Forças Armadas 1649-026 Lisboa, Portugal*

RESUMO

O tema virtualização é uma realidade presente no quotidiano e em muitos dos serviços que são utilizados diariamente. O constante progresso das tecnologias de informação possibilitou um aumento significativo dos recursos de armazenamento e capacidade de processamento disponíveis dentro das organizações e universidades. Criou também a capacidade e oportunidade de otimizar os recursos existentes. Este artigo apresenta um caso de estudo que visa entender qual o nível de aceitação e conhecimento no âmbito da aplicação de VDI na comunidade do ISCTE-IUL. A adoção do VDI teve como finalidade principal a compatibilidade de aplicações, o reaproveitamento de sistemas, poupança a médio e longo prazo, a mobilidade, segurança, otimização de recursos e processos, gestão e controlo eficiente, permitindo melhorar a produtividade. Este artigo identifica a importância que os utilizadores dão a uma das preocupações do ISCTE-IUL, sustentabilidade. É de notar a falta de conhecimento sobre o tema, as suas vantagens, desvantagens e qual o impacto que poderá ter na organização. No entanto, os inquiridos acreditam tratar-se de uma inovação positiva para a comunidade.

PALAVRAS-CHAVE

VDI, Virtualização, Tecnologia, Centro de Dados

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos temos vindo assistir a uma evolução tecnológica que dá passos largos e, de certa forma, quase que somos forçados acompanhar este ritmo. Um dos alicerces e pensamento em a ter em conta para quem gere uma organização deverá ser evitar desperdícios, refletindo-se em maus investimentos em equipamentos informáticos.

O processo de instalação atual de uma máquina é moroso e exige a pré-alocação de pelo menos um recurso humano técnico para o fazer. Desde a instalação do SO, aplicações solicitadas para determinado projeto/área, licenciamentos e outras configurações necessárias tornam tudo muito complexo e fechado.

A virtualização dos Desktops veio permitir ultrapassar grande parte dos problemas do dia a dia das equipas das Tecnologias de Informação e oferecer soluções rápidas e ajustadas às necessidades dos próprios utilizadores. Torna o processo rápido, eficiente e com baixo risco de incidentes desde a criação da imagem até à entrega da mesma.

Um dos grandes benefícios da virtualização é a sua mobilidade e o acesso à máquina virtual (VM) pode ser feito através de qualquer dispositivo com rede (dentro e fora da rede empresarial), assim como podem ser definidos diferentes perfis de segurança e isolar áreas críticas para a instituição.

O desejo de investigar e permitir otimizar os processos e os *workflows* utilizados na área das tecnologias de informação são uma das partes mais importantes, pois as próprias instituições muitas vezes desconhecem os potenciais de otimização de produtividade. Disponibilizar aos utilizadores postos de trabalho que estejam sempre acessíveis a partir de qualquer localização, de forma segura e a partir de diferentes dispositivos, conferindo-lhes uma maior mobilidade no decurso das suas atividades, fundamentais para grupos como alunos, docentes e funcionários.

Este estudo visa responder à questão de investigação: “Qual o nível de aceitação e conhecimento no âmbito da aplicação de VDI na comunidade do ISCTE-IUL”.

Foram definidos dois objetivos para responder a esta questão de investigação:

1. Analisar as características, configurações e definições para que o VDI, quando implementado,

permita uma melhoria constante na utilização desta tecnologia.

2. Entender qual o nível de aceitação e conhecimento no âmbito da aplicação de VDI na comunidade do ISCTE-IUL através da realização de um inquérito por questionário.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Virtualização

A virtualização é a técnica que permite particionar um único sistema computacional em vários outros denominados de máquinas virtuais. Cada máquina virtual oferece um ambiente completo muito similar a uma máquina física. Com isso, cada máquina virtual pode ter seu próprio sistema operacional, aplicativos e serviços de rede” (Carissimi 2008) (Almeida 2011).

Sahoo, Mohapatra e Lath referem que “O objetivo do ambiente de computação virtual é melhorar a utilização de recursos, fornecendo uma plataforma operacional integrada unificada para utilizadores e aplicativos baseados na agregação de recursos heterogêneos e autónomos” (Sahoo, Mohapatra e Lath 2010).

Através das definições de Carrisimi, Sahoo, Mohapatra e Lath permite-nos chegar ao entendimento que este conceito de virtualização é uma poderosíssima ferramenta, com capacidade de abstração das aplicações e todos os seus componentes subjacentes, do próprio hardware que as suporta e representam assim recursos de uma forma lógica. Tendo mais potencial para que esta representação possa ser bastante diferente da sua representação física. Abre todo um novo mundo de possibilidades de gestão e operacionalidade que pode cruzar tecnologias e fabricantes, criando uma camada de heterogeneidade.

O hipervisor (Figura 1) conhecido como gestor de máquinas virtuais, é um processo que cria e executa VM. Um hipervisor permite que um computador host suporte várias VM convidadas compartilhando de forma virtual os seus recursos, tais como: memória, processamento, rede entre outros (VMware 2019).

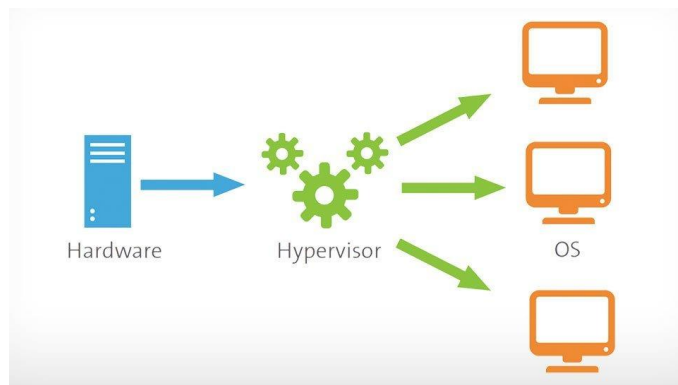


Figura 1. Exemplo de uma arquitetura de um hipervisor ¹

Existem duas tipologias principais de arquitetura de virtualização, as de tipo um e tipo dois (Figura 2) (VMware 2007).

¹ Imagem retirada do site: <https://www.vmware.com/topics/glossary/content/hypervisor>

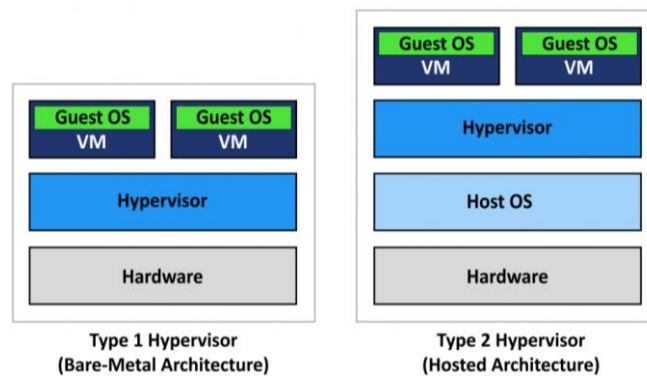


Figura 2. Tipos de arquiteturas principais de hipervisores ²

Virtual Machine Manager (VMM) tipo *Bare-metal* é o termo dado à execução de software diretamente sobre o hardware, sem nenhuma outra camada de software por cima. É um hipervisor criado especificamente para instalação direta sobre um servidor físico, tendo o controlo total sobre os recursos de hardware. É mais eficiente que as arquiteturas do tipo dois e pode particionar o próprio hardware para atingir maior eficiência.

Como exemplos de soluções tipo um, que utilizam esse tipo de hipervisor, temos o VMware ESXi, o Xen e o KVM (Kernel-based Virtual Machine) que são Kernels Linux modificados para trabalhar como hipervisor.

No tipo *Hosted Architecture*, o hipervisor é executado diretamente sobre um sistema operativo normal, chamado de hóspede. Logo, nesta situação o hipervisor tem controlo limitado sobre o hardware pois funciona como se fosse uma aplicação.

Como exemplos de soluções tipo dois, que utilizam esse tipo de hipervisor, temos o VMware Player/Fusion/Workstation, Parallels Desktop/Workstation, VirtualBox, entre outros. Esta solução tende a ser muito utilizada, pois não requer que o sistema operativo nativo seja substituído.

A virtualização assenta sobre um modelo (Figura 3) de sete camadas de tecnologias diferentes, sendo que cada uma delas representa parte de um ambiente de computação (Kusnetsky 2011).

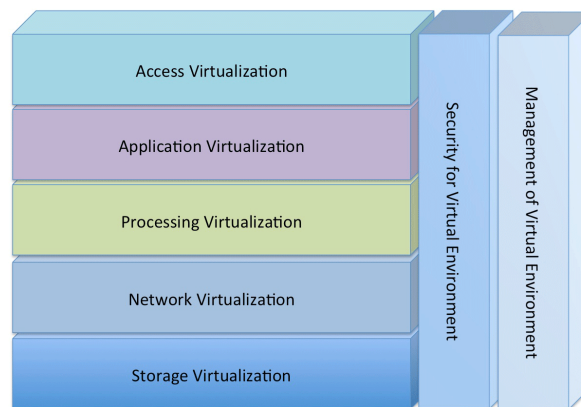


Figura 3. Modelos de Virtualização por camadas ³

A VMware continua a liderar o mercado nesta área, mas a Microsoft está cada vez mais perto. A Citrix encontrou para já a sua posição confortável, mas continua a desenvolver soluções muito interessantes e a ter em conta (Gartner 2016).

Existem várias técnicas para implementar a virtualização: a Técnica da Virtualização Total e a Paravirtualização. A técnica da Virtualização Total aprovisiona uma completa simulação da subcamada de hardware para os sistemas convidados, como se de facto houvesse uma máquina física inteiramente à

² Imagem retirada do site: <https://www.nakivo.com/blog/hyper-v-virtualbox-one-choose-infrastructure/>

³ Imagem retirada do site:

https://virtualizationreview.com/articles/2014/10/14/~/-/media/ECG/virtualizationreview/Images/2014/10/1014vrm_KusVirtLayersfigure.ashx

disposição. O VMM disponibiliza também a cada VM uma BIOS (Basic Input Output System) virtual, gestão de memória virtual e até dispositivos virtuais.

Existem duas formas de utilização desta técnica, sendo uma delas através da assistência por software e a outra através da assistência por hardware (VMware 2007):

- Assistido por software (BT – Binary Translation). Recorrendo a tradução binária, depende completamente das traduções binárias para conseguir intercetar e virtualizar a execução de conjuntos de instruções sensíveis e não virtualizáveis. Emula o hardware utilizando os conjuntos de instruções do software. Alguns dos softwares que utilizam esta técnica são: o Virtual Box, VMware Workstation, VMware Server entre outros (VMware 2007).

- Assistido por Hardware (VT – Virtual Technology). A virtualização total assistida por hardware elimina a tradução binária e interrompe diretamente o hardware utilizando a tecnologia de virtualização que foi integrada nos processadores x86, desde 2005 (Intel VT-x e AMD-V). As instruções dos sistemas operativos hospedes podem permitir que num contexto virtual executem instruções privilegiadas diretamente no processador, mesmo este estando virtualizado (Biswas & Islam 2009) (Intel 2010) (AMD 2012). Alguns dos softwares que utilizam esta técnica são o VMware ESXI / ESX, KVM, Hyper-V, Xen, entre outros.

As principais vantagens destas duas técnicas de virtualização são a ausência da necessidade de alterações nos sistemas convidados, para que estes suportem a virtualização, pois a sua estrutura de hardware está totalmente virtualizada. Também oferece uma camada de segurança e melhor isolamento para as próprias VM.

Esta abordagem também pode ter algumas limitações consideráveis, uma delas é o risco de existirem pedidos de o sistema convidado não serem totalmente correspondidos e atendidos da maneira esperada. Um exemplo disso, um recurso de hardware que não possa ser acedido por falta de determinado driver no seu sistema de virtualização (VMware 2019).

Paravirtualização: Ao contrário da técnica de virtualização total, a Paravirtualização obriga à modificação do kernel do sistema operativo convidado com o propósito de substituir as instruções não virtualizáveis (hypercalls), que comunicam diretamente com o VMM. O hipervisor é instalado num servidor físico (host) e o sistema operativo hospede é instalado no seu ambiente (Williams 2007).

A sua principal vantagem é o seu maior desempenho, pois o VMM não é sobrecarregado com a tradução binária de instruções sensíveis. Elimina também a necessidade da dependência dos mecanismos trap do cpu, eliminando a necessidade de capturar e emular a maioria das instruções.

Esta abordagem também pode ter algumas limitações consideráveis, um exemplo disso é a necessidade da adaptação / modificação prévia do sistema operativo hospede.

2.2 Virtualização de Desktops e Infraestruturas (VDI)

A virtualização de Desktops consiste no acesso feito por um utilizador, a uma determinada pool de máquinas virtuais (VM) ou simplesmente a uma VM dedicada, através de um terminal de acesso. Estes terminais podem ser um computador, um smartphone entre outros (Figura 4).

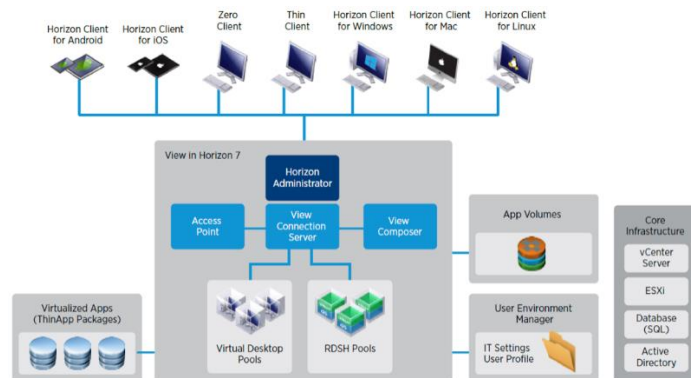


Figura 4. Representação dos acessos dos terminais a uma infraestrutura VDI ⁴

⁴ Imagem retirada do site: <https://blogs.vmware.com/euc/2017/04/vmware-horizon-7-view-reviewers-guide-complete.html>

A experiência de utilização proporcionada aos utilizadores desta tecnologia é semelhante à de um computador convencional/normal. O seu tipo de arquitetura cliente – servidor transmite toda a necessidade de processamento para o servidor, permitindo assim que o próprio cliente de acesso seja um terminal simples, sem disco rígido por exemplo. A única responsabilidade do terminal é encaminhar os inputs e outputs para o servidor remoto, cumprindo com as instruções solicitadas pelos seus utilizadores.

Este tipo de equipamento (ThinClient) tem um consumo de energia muito reduzido, não disponibiliza uma grande performance pois não é esse o seu propósito. Praticamente não têm componentes mecânicos, por sua vez o seu custo também é muito inferior quando, comparado a um computador convencional. O seu ciclo de vida também é superior e oferece maior segurança, uma vez que toda a informação é centralizada no centro de dados (Ahmed e Moukali 2014).

Estes sistemas possuem um conjunto de *workloads* e automatismo que permitem gerar uma ou mais VM em alguns segundos, com um sistema operativo já pré-preparado e configurado à medida, incluir files shares com os dados de cada utilizador assim como disponibilizar aplicações no momento. Estas VM podem ser destruídas ao final de cada utilização e o sistema pode ser configurado para preservar todos os dados do utilizador e disponibilizá-los no seu próximo acesso (VMware 2017).

Esta tecnologia oferece diversas vantagens, mas também tem as suas desvantagens que podem representar novos desafios para as instituições que pretendem implementar esta solução.

As vantagens principais desta tecnologia são: a estabilidade; alta disponibilidade; segurança; mobilidade e a redução de custos a médio prazo (VMware 2015) (Pires 2017) (Ribeiro 2016).

As principais desvantagens são: o investimento inicial elevado; maior complexidade na interface de gestão; elevada dependência da infraestrutura e a garantir a performance (Pires 2017) (Ribeiro 2016) (Shabaitah 2014). E para além destas vantagens A utilização do VDI é uma maneira de reduzir a pegada de carbono no nosso planeta e economizar nos custos de energia (Chrobak 2014).

3. METODOLOGIA

Após a abordagem teórica à tecnologia de virtualização e à virtualização de *desktops* de infraestruturas (VDI) será estudado como a implementação VDI é aceite ou não pelos usuários da comunidade ISCTE-IUL.

Como mencionado anteriormente a questão de investigação é “Qual o nível de aceitação e conhecimento no âmbito da aplicação de VDI na comunidade do ISCTE-IUL”.

O método de pesquisa adotado foi o caso de estudo.

A abordagem metodológica foi baseada na aplicação de questionários a três grupos distintos da universidade ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, sendo o primeiro grupo os 370 Docentes, o segundo grupo os 270 Funcionários e por fim, o terceiro grupo os 9000 Estudantes.

A construção destes questionários foi desenvolvida numa primeira fase com base em entrevistas de resposta aberta a cinco elementos chave (*Key Users*) de cada um dos grupos (Docentes, Funcionários e Estudantes) pois foi importante perceber quais as suas dificuldades, dúvidas, sugestões entre outras. Os dados foram recolhidos no período de 20 de março a 20 de abril de 2019.

Numa segunda fase, desenvolveu-se um outro questionário com base na revisão da literatura e nas entrevistas da fase anterior. Foram criadas questões para entender e analisar a perceção, conhecimento e preocupação de cada utilizador na utilização do VDI, utilizando escalas do tipo Likert de cinco pontos, e aplicadas a uma amostra de 121 indivíduos das três categorias principais dentro do ISCTE-IUL: 60 Alunos, 31 docentes e 30 funcionários. Foi também disponibilizado um exemplo de uma máquina virtual no âmbito desta investigação, com um sistema operativo e um conjunto de aplicações padrão. Os dados recolhidos no período de 01 de maio a 20 de maio de 2019.

4. RESULTADOS

Foram analisadas as características, configurações e definições do VDI que permitam uma melhoria constante na utilização desta tecnologia na organização foi também elaborado um conjunto de questões sobre: reutilização de recursos, cibersegurança, relevância no VDI, formação e conhecimento sobre esta tecnologia.

Os inquiridos (55%) têm a alguma perceção da reutilização de recursos físicos, aquando a utilização do VDI, como por exemplo a utilização de computadores mais antigos.

A maioria dos inquiridos respondeu que o novo conceito VDI gerou alguma (46%) ou muita alteração (39%) em ultrapassar a complexidade e inflexibilidade dos sistemas atuais. Com base nos resultados depreende-se que existe uma tendência para a aceitação do novo conceito VDI em melhorar, por exemplo, tempos de resposta a novos pedidos/alterações no computador.

Tanto para os alunos (46,67%), como para os docentes (41,94%) e para os funcionários (33,33%) a sustentabilidade é um tema razoável em que não é dada nem muita nem pouca importância. O que revela que nos dias de hoje a sustentabilidade ainda é um tema a ser trabalhado pelo ISCTE-IUL. De salientar ainda que os alunos são os que consideram o sistema VDI mais amigo do ambiente, consideram que é indispensável para a poupança de energia e recursos.

Os inquiridos mostram-se bastante preocupados com o tema da cibersegurança. Utilizando uma escala do tipo Likert de cinco pontos (dispensável, pouco importante, razoavelmente importante, muito importante e indispensável), verificou-se que este tema é muito importante ou indispensável para 54% dos inquiridos, sendo os alunos os que demonstram mais preocupação sobre este tema (indispensável 36,67%) comparativamente às outras categorias profissionais (funcionários 26,67% e docentes 25,81%). Dentro do mesmo tema foi também avaliada a preocupação sobre possíveis ataques ou incidentes de segurança no geral das empresas fora da organização e apenas uma minoria respondeu ser um tema dispensável ou pouco preocupante (9%). Constatou-se que para as categorias alunos e docentes é de importância razoável trabalhar numa máquina atualizada, assim como as respetivas aplicações. Já para os funcionários uma máquina atualizada é indispensável (33,33%) para a boa execução das suas tarefas.

A preservação de dados é a característica mais importante para os inquiridos aquando a utilização de um computador físico ou virtual, seguida do nível de segurança e as menos importantes são o bloqueio de publicidades e *tracking* e o *Single Sign On*.

A maioria dos inquiridos (72,73%) nunca frequentou formação relacionada com os VDI, destaca-se a categoria de alunos em que 45% responde não ter qualquer tipo de conhecimento acerca do tema. Já no caso dos docentes e funcionários esse valor é bastante inferior com 25,81% para os docentes e 16,67% para os funcionários.

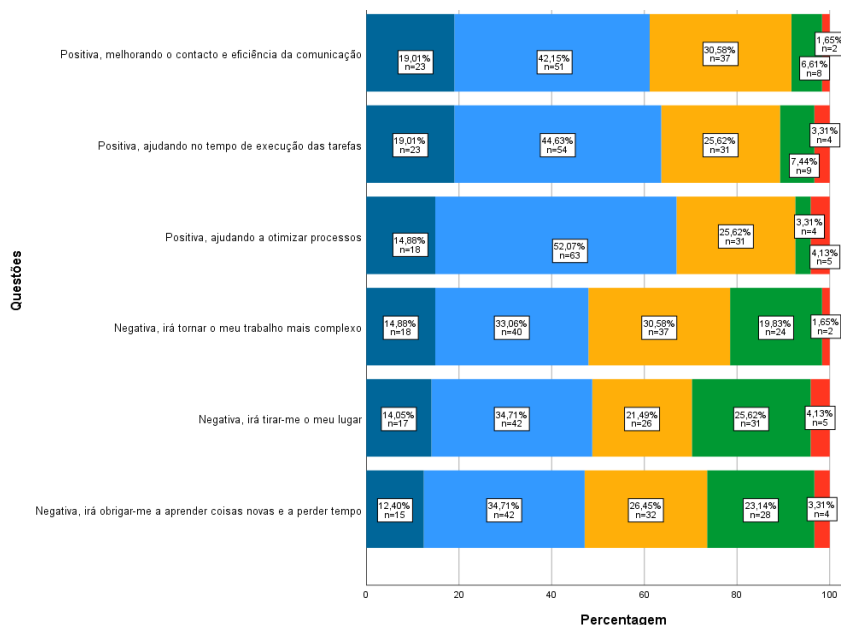


Figura 5. Perceção da mudança no local de trabalho através da implementação do VDI

Relativamente à utilização da tecnologia em estudo por parte dos inquiridos, pouco menos de metade (44%) já utilizou esta ferramenta.

A Figura 5 avalia a opinião dos inquiridos relativamente à forma como o VDI pode mudar, positivamente ou negativamente, a sua forma de trabalhar.

De forma positiva a otimização de processos é vista como a maior vantagem (66,95%) sendo que o tempo de execução das tarefas e a eficiência da comunicação também têm grande destaque. De forma negativa os inquiridos vêm como ameaça ao seu posto de trabalho (48,76%) a implementação do VDI, sendo que a complexidade do trabalho e obrigação de aprendizagem de novos procedimentos e a consideração como uma perda de tempo tem um elevado número de respostas de concordo parcialmente e totalmente o que poderá criar alguma resistência à mudança quando a implementação do VDI no posto de trabalho.

5. CONCLUSÃO

Este estudo pretende responder à questão inicial de investigação “Qual o nível de aceitação e conhecimento no âmbito da aplicação de VDI na comunidade do ISCTE-IUL”.

Os objetivos propostos foram parcialmente alcançados:

1. A análise das características, configurações e definições para que o VDI permita uma melhoria constante na utilização desta tecnologia num ambiente universitário. só seria totalmente possível com o sistema VDI já implementado no ISCTE-IUL. Tendo sido apenas criado um ambiente de teste para a realização desta investigação. O procedimento atual passa pela criação de uma imagem padrão, em que a revisão só é realizada no ano letivo seguinte apesar de existirem pequenas atualizações ao longo do ano. Sempre que exista necessidade de proceder a uma alteração na imagem base, a entrega de uma nova versão é morosa o que poderá não responder atempadamente às necessidades dos utilizadores. O VDI permite ultrapassar este tipo de complexidade e inflexibilidade por parte do modelo atual, através da entrega de pacotes de containers de aplicações ou mesmo individualizadas. Podem ser geradas várias máquinas virtuais com imagens base diferentes, criando assim uma capacidade de resposta aos pedidos realizados ao longo do ano letivo pelos utilizadores.

2. Relativamente ao segundo objetivo foi cumprido e conclui-se que a comunidade ISCTE-IUL não se sente preparada e não possui ainda conhecimento suficiente acerca do conceito do VDI. Por parte dos funcionários poderá existir alguma resistência à mudança do seu método de trabalho, por desconhecimento das vantagens e desvantagens desta tecnologia. Aquando a implementação do sistema VDI deverão ser realizadas ações de formação introdutórias para dar conhecimento do modo de funcionamento, impacto e qual a finalidade para todas as categorias profissionais.

Os resultados apresentados pelos inquiridos do ISCTE-IUL vão ao encontro da não entrada em produção em grande escala do VDI, resumindo-se a um grupo restrito de pessoas que testaram a solução ainda em modo de testes, em pré-implementação. Os resultados revelam a pouca ou inexistente utilização desta tecnologia, desta forma também é complexo para os inquiridos avaliar de que forma o VDI poderá influenciar a performance no local de trabalho (se de forma positiva ou negativa e porquê) e tempos de entrega de novas aplicações e sistemas operativos.

Contudo existe a perspetiva de crescimento a curto prazo acompanhando a tendência global ao nível de sistemas de informação.

As principais limitações deste estudo foram o desconhecimento generalizado da solução VDI, refletindo-se nos resultados obtidos através dos questionários. Seria importante ter a solução já implementada e enraizada na instituição, acessível a todos para que pudesse ser testada com mais tempo sem ter de se recorrer a uma alternativa *cloud*. Assim tornou-se menos claro de entender qual o impacto final no utilizador.

A evolução tecnologia é uma tendência crescente e seria interessante de futuro investigar e testar as três principais soluções atuais no mercado, em vez de apenas uma, pois permitiria comparar mais dados. A realização de nova investigação após a implementação final na comunidade ISCTE-IUL, de forma a analisar o impacto na organização. Entender também quais as áreas científicas com maior necessidade de formação/conhecimento, pois o VDI é uma ferramenta transversal a qualquer utilizador. Para finalizar, a utilização de placas gráficas (virtual GPU- Graphics processing unit) na solução VDI por forma analisar o comportamento e performance das mesmas, quando estas partilham os seus recursos pelas várias máquinas virtuais.

REFERÊNCIAS

- Ahmed, S. & Moukali, K. 2014. "An Efficient Implementation of Thin Client Technology for E-learning in the Jazan University". *International Conference on Web and Open Access to Learning, ICWOAL*.
- Almeida, A. 2011. "Virtualização", Universidade do Porto.
- AMD 2012. "AMD-V Nested Paging" Jun. [Online-2019]. Disponível: <http://developer.amd.com/wordpress/media/12/10/NPT-WP-1%201-final-TM.pdf>
- Biswas, K. & Islam, A. Md. 2009. "Hardware Virtualization Support In INTEL, AMD And IBM Power Processors". *International Journal of Computer Science and Information Security*, 4(1).
- Carissimi, A. 2008. "Virtualização: da teoria a soluções", *26º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, pp.173-207.
- Chrobak, P. 2014. "Implementation of Virtual Desktop Infrastructure in academic laboratories". *Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, pp. 1139-1146.
- Gartner 2016. "Magic Quadrant for x86 Server Virtualization Infrastructure", Gartner.
- Intel 2010. "Server, Enabling Intel® Virtualization Technology Features and Benefits", White Paper, Intel.
- Kusnetzky, D. 2011. "Virtualization: A Manager's Guide". O'Reilly.
- Pires, A. J. A. C. P. 2017. "Implementação de um sistema de virtualização de postos de trabalho na faculdade de ciências e tecnologia". Dissertação de mestrado. UALg -Universidade do Algarve.
- Ribeiro, B. M. R. 2016. "Virtualização de recursos de TI: Estudo de Caso do ISQ". Bachelor Thesis. ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade
- Sahoo, J., Mohapatra, S. & Lath,R. 2010. "Virtualization: A survey on concepts, taxonomy and associated security issues", *2nd International Conference on Computer and Network Technology*. ICCNT 2010, pp. 222–226.
- Shabaitah, A. R. 2014. "Server-Based Desktop Virtualization". Thesis. Rochester Institute of Technology.
- VMware 2007. "Understanding Full Virtualization, Paravirtualization, and Hardware Assist", Memory, White paper, 17.
- VMware 2015. "VDI-A New Desktop Strategy" 2015 [Online-2019]. Disponível: https://www.vmware.com/pdf/vdi_strategy.pdf
- VMware 2017. "Horizon 7 Instant-Clone Desktop and RDSH Servers" [Online-2019]. Disponível: <https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/techpaper/vmware-horizon-view-instant-clone-technology.pdf>
- VMware 2019. "Hypervisor". [Online-2019]. Disponível: <https://www.vmware.com/topics/glossary/content/hypervisor>
- Williams, D. E. 2007. "Virtualization with Xen (tm): Including XenEnterprise, XenServer, and XenExpress". Elsevier.

UMA ANÁLISE DO USO DE FERRAMENTAS EM DESENVOLVIMENTO DISTRIBUÍDO DE SOFTWARE PARA ATUALIZAÇÃO DA PLATAFORMA ANDROID

Hualter O. Barbosa, Bruno A. Bonifacio, Thiago M. Menezes, Luis Felipe Uebel,
Fernando B. Pires e Andre F. Neto
Sidia Instituto de Ciência e Tecnologia
Av. Darcy Vargas, 654 - Parque 10 de Novembro, Manaus – AM, Brasil

RESUMO

Com a globalização do processo de desenvolvimento de software, a academia e a indústria têm pesquisado o desenvolvimento de novas tecnologias para assegurar maior competitividade em novos mercados. Apesar de empresas buscarem por profissionais qualificados para manter a eficácia e a eficiência do processo. É necessário adotar ferramentas que ajudem no ciclo de vida do software para facilitar seu gerenciamento e execução, bem como para seguir prazos e a utilização de recursos. Neste artigo, exploramos a experiência durante o uso de uma ferramenta, chamada de CLCATCH, para automatizar uma das atividades do ciclo de desenvolvimento de software distribuído, realizado no Sidia Instituto de Ciência e Tecnologia, localizado na Amazônia. Este artigo apresenta: (1) os desafios encontrados pelo Sidia em Desenvolvimento Distribuído de Software (DDS) para projetos de atualização da plataforma Android; (2) a solução aplicada, por meio do desenvolvimento e implantação da CLCATCH e; (3) os resultados obtidos, considerando os indicadores de tempo e falhas mostrando relevância na execução dos projetos do Sidia. Espera-se incentivar a indústria e a comunidade científica a fim de melhorar os processos de desenvolvimento de software através do uso de tecnologias.

PALAVRAS-CHAVE

DDS, Relatório de Experiência, Sistema Operacional Android, Atualização do Android

1. INTRODUÇÃO

Diante de novos mercados no desenvolvimento de software, o aumento da competitividade cria a necessidade de resultados cada vez mais rápidos. Dada a complexidade envolvida no desenvolvimento de software, algumas atividades acabam sendo propensas a enganos pelo desenvolvedor, o que pode impactar na qualidade de um produto (Stawnicza, 2015). Por essa razão, as organizações têm buscado alternativas para auxiliar na produtividade dos desenvolvedores de software e na qualidade dos artefatos de software gerados.

Neste contexto, várias ferramentas têm sido propostas com o objetivo de facilitar atividades intermediárias do desenvolvimento, como: sistemas de integração contínua, sistemas de controle de versão, sistemas de gestão de atividades, gestão de mudanças dentre outras. O uso dessas ferramentas pode facilitar a gestão das atividades de desenvolvimento de software, o acompanhamento de prazos, a gestão de equipes e o consumo de recursos (Weimann, 2013). Nesse sentido as ferramentas tornam-se obrigatórias na busca por qualidade e agilidade no desenvolvimento de novos produtos, especialmente com o mercado cada vez mais globalizado.

O Sidia é um Instituto de Ciência e Tecnologia, localizado na Amazônia, que possui inúmeros projetos com Institutos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e outras empresas ao redor do mundo. O processo de desenvolvimento dos projetos em colaboração com o Sidia é feito utilizando Desenvolvimento Distribuído de Software (DDS). O DDS tem como grande vantagem a colaboração entre equipes de desenvolvimento que trabalham juntas, no mesmo projeto, mas estão localizados em países ou cidades diferentes (Audy e Prikkladnick, 2007). No entanto, o Sidia enfrentava dificuldades para alinhar o processo de desenvolvimento no contexto de DDS. Este cenário cria um grande desafio para gerenciar o processo de desenvolvimento de software, especialmente em projetos com outras instituições parceiras que possuem diferenças na forma como conduzem seus processos de desenvolvimento. Como alternativa, o Sidia tem criado iniciativas para

melhorar o processo de desenvolvimento, com o objetivo de diminuir a ocorrência de erros, por desenvolvedores, durante a integração de códigos, controles de versão e gestão de novos requisitos. O propósito é para automatizar atividades específicas do ciclo de desenvolvimento dos seus projetos em ambiente de DDS.

Este artigo apresenta um relato de experiência, sobre o aprimoramento de uma das atividades importantes no ciclo de DDS do Sidia, por meio de uma ferramenta para automatizar o processo de desenvolvimento de atualização da plataforma Android. A ferramenta proposta, chamada de CLCATCH, foi desenvolvida com o objetivo de automatizar a busca de pacotes (*patches*) de atualização e correções de software, em projetos Android. Para avaliação do impacto da ferramenta proposta, no processo de gestão dos projetos do Sidia, foi feita uma análise qualitativa, por meio de questionários, baseado no Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM). O objetivo deste artigo consiste em apresentar os desafios encontrados, a motivação para construção da solução adotada e os resultados obtidos, analisando o custo-benefício com a adoção da ferramenta. Os resultados iniciais mostram importante contribuição para melhorar o processo de DDS executado no Sidia. Espera-se com isso incentivar a indústria e a comunidade científica a criar novas formas de melhorar os processos de desenvolvimento de software, por meio do uso de novas tecnologias de software.

Este trabalho está organizado da seguinte maneira: a Seção 2 apresenta uma visão geral de ferramentas utilizadas para auxiliar o DDS, e apresenta a ferramenta construída para automatizar uma das atividades do desenvolvimento de projetos de desenvolvimento da plataforma Android, feita no Sidia; a Seção 3 apresenta os resultados obtidos. Na Seção 4 as lições aprendidas são apresentadas, e finalmente, a Seção 5 apresenta as considerações finais e perspectivas de trabalhos futuros.

2. FERRAMENTAS PARA O DESENVOLVIMENTO DISTRIBUÍDO DE SOFTWARE

Com a globalização no processo de desenvolvimento de software, a indústria e a academia tem buscado alternativas para responder com maior rapidez na construção de novas tecnologias. Neste sentido, o Desenvolvimento Distribuído de Software (DDS) tem se tornado um elemento estratégico para garantir maior competitividade (Lima et al. 2016). O cenário no qual o DDS é feito, onde equipes trabalham juntas, mas não estão localizados geograficamente no mesmo ambiente, permitiu o crescimento desta área, devido a economia de recursos e redução de custos (Audy e Prikladnick, 2007).

Por isso, muitas empresas têm investido na adoção e desenvolvimento de tecnologias de software para auxiliar em DDS, especialmente em atividades de gestão dos projetos. As soluções desenvolvidas nesta área têm focado em gestão de atividades, consumo de recursos e acompanhamento de prazos (Weimann, 2013). No entanto, ainda existem desafios importantes a serem superados, especialmente na gerência de atividades de projetos que usam DDS (Bosnic et al. 2011).

Lima et al. (2016) propõe uma ferramenta que apoia automatização para a gerência de processos de software, chamada WebAPSEE. Esta ferramenta auxilia na modelagem e execução de processos de software. Além disso, a abordagem apresenta outras características, em desenvolvimento, para auxiliar simulação, reutilização e instanciação de processos.

Weimann et al (2013), propõem a utilização de uma ferramenta para maximizar o desempenho de equipes, na execução de tarefas, em ambientes distribuídos. O propósito foi identificar características, como tempo de resolução de defeitos e demandas novas de desenvolvimento, que podem influenciar em tarefas específicas do ciclo de desenvolvimento. Os resultados apresentados no estudo de Weimann et al (2013), mostram que a falta de ferramentas, para atividades intermediárias, pode influenciar no desempenho dos desenvolvedores, bem como o monitoramento de informações entre as equipes.

Diante desse contexto, este artigo apresenta a experiência na construção de uma ferramenta para automatizar uma atividade específica do time de desenvolvimento do Sidia. O propósito foi avaliar o impacto da realização da atividade com o uso da ferramenta, além da experiência de uso com a implantação desta nova abordagem, aplicados em projetos de atualização do sistema operacional Android. A próxima Seção apresenta o contexto, a motivação e uma visão geral da ferramenta, chamada CLCATCH.

2.1 A Ferramenta CLCATCH

O Sidia atualmente possui projetos focados no desenvolvimento e melhoria do Sistema Operacional (S.O.) Android, para os dispositivos da Samsung. Estes projetos são divididos em desenvolvimento e atualização de S.O. em dispositivos já lançados no mercado e novos modelos. As atualizações de S.O. podem ser tanto para inclusão de novos requisitos de desenvolvimento quanto para pacotes de aprimoramento de segurança, que são um conjunto de pacotes contendo funcionalidades para melhoria do S.O. Cada pacote é armazenado em um sistema de controle de versão, de acordo com cada modelo de dispositivo que são enviados em lotes, chamados de *patches*. O uso de pacotes, ou patches, visa a otimização do processo de desenvolvimento de software, uma vez que este ciclo de desenvolvimento é feito em conjunto com outros institutos de P&D, distribuídos geograficamente no Brasil. O processo de desenvolvimento foca na geração de *releases*, que consiste em uma versão de software, produzida pelo Sidia contendo correção de falhas, *patches* de segurança e novos requisitos de software das operadoras para o sistema operacional Android.

O processo de *release* é mantido por uma equipe específica, formada por engenheiros de software que ocupam o papel de líder de projeto (LP). Esta equipe é responsável pela gestão das demandas de cada projeto, tendo como atividades principais a inclusão de *patches* de atualizações de segurança, monitoramento de novos requisitos das operadoras de telefonia dentre outras. As demandas de desenvolvimento são solicitadas pelas operadoras, ou pelo Google, por meio de novos requisitos de software. O processo de desenvolvimento executado no Sidia é representado na Figura 1.

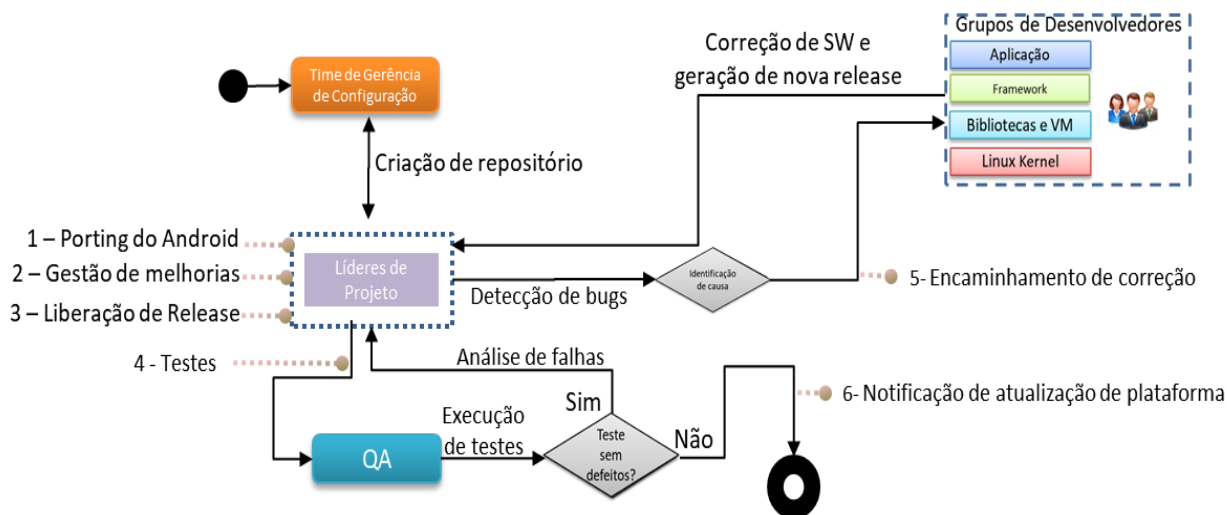


Figura 1. Visão Geral do Processo de Desenvolvimento da Plataforma Android

Os projetos de desenvolvimento de plataforma Android iniciam com a criação de repositório, feito por um time de Gerência de Configuração. Após a criação do repositório do projeto, o time de LPs realiza o porte do Android, identificando as melhorias que devem ser aplicadas (Figura 1.1) e os requisitos solicitados para geração de uma nova *release* (Figura 1.2). Cada novo requisito recebe um rótulo único que passa pela análise e classificação de prioridade de desenvolvimento até chegar aos desenvolvedores, que por sua vez, atendem aos requisitos, mapeando suas respectivas implementações a um identificador e uma descrição com o rótulo do requisito (Figura 1.3).

Para melhor organização dos times distribuídos, o Sidia emprega uma abordagem que utiliza pacotes (*patches*) de atualização, chamadas de *Propagation Patch* (PP). Essa abordagem adota um processo de qualidade que começa com as demandas dos clientes, para construção do produto, e percorre todo fluxo processual da empresa até chegar aos respectivos responsáveis por atender às demandas, que são os grupos de desenvolvedores da arquitetura Android (Conti, 1993).

Para criar uma nova *release*, o time de LPs precisa compilar implementações e novas solicitações e aplicar as mudanças para versão de S.O. em cada modelo, gerando modificações que são agrupadas em *patches*, integradas dentro de cada PP. A vantagem da utilização de PPs é o aproveitamento de código, que pode ser aplicado em diferentes modelos com a mesma arquitetura de hardware.

Após a geração de PPs é criada uma *release* que posteriormente é enviada para testes (Figura 1.4). Caso sejam detectadas falhas nos testes de software, estas são analisadas pelo time de LP de cada projeto e enviadas para o time responsável (Figura 1.5). Em caso de não haver falhas a *release* é enviada para os usuários finais, por meio de notificação de atualização da plataforma no celular de cada usuário.

Como o time de LP realiza a gestão das demandas no processo de desenvolvimento, a identificação das PPs é crítica, pois torna-se necessário identificar quais novos rótulos e *patches* precisam ser integrados nas PPs. Munidos dessa informação, os analistas acessam o sistema de controle de versões de software e buscam manualmente os rótulos para encontrar o identificador da respectiva implementação. Em projetos de atualização de S.O.s a busca acaba dificultando o processo de geração de *release*, pois é necessário identificar a *release* mais recente, para identificar quais os novos requisitos precisam ser integrados na nova versão.

A título de simplificação do texto, a palavra rótulo referenciar-se-á ao rótulo do requisito, enquanto a palavra identificador ao identificador da implementação do requisito, conhecidos como *patches*. Para poucos rótulos, dentro de cada *patch*, a compilação de identificadores é uma tarefa pouco impactante dentro do processo do Sidia. Contudo, para muitas mudanças solicitadas, torna-se uma tarefa repetitiva, monótona e sujeita a erros, que pode gerar impacto negativo significativo no processo de desenvolvimento.

Nesse contexto, foi identificado como oportunidade a criação de uma ferramenta, com o propósito de minimizar o impacto da detecção dos rótulos, no repositório dos projetos. Assim, foi proposta a CLCATCH, apresentado na Figura 2.

Figura 2. Visão Geral da Ferramenta CLCATCH

A CLCATCH é uma aplicação web, desenvolvida com as linguagens de programação Java e PHP, que consiste no formulário, com os seguintes campos:

- Endereço IP do servidor de controle de versão SVN (*Subversion*);
- Porta do servidor de SVN;
- Usuário do SVN;
- Senha do SVN;
- Arquivo XML resultante do PP;
- Arquivo CSV resultante de *Bug Tracking*.

O objetivo da CLCATCH é identificar os *patches*, dentro de cada PP, que são armazenadas em arquivos XML e CSV e mapeá-las com alterações dentro do SVN. Com o envio desses dados, a CLCATCH lê os rótulos no arquivo das PPs, autentica o usuário e pesquisa os rótulos no SVN que por sua vez, retorna uma lista de identificadores. A CLCATCH distingue os rótulos com identificadores daqueles não agrupado na PP. Os identificadores encontrados são formatados para um padrão inteligível à geração da *release*, ordenados e tem as duplicatas removidas. Em seguida, a CLCATCH exibe uma lista de identificadores já formatados para aplicar na *release* e outra de rótulos não encontrados.

A motivação para a construção da CLCATCH para atividades de detecção de *patches*, por meio dos rótulos foi aumentar a produtividade dos LPs e agilizar a disponibilização das atualizações dos projetos de desenvolvimento de S.O.s, dentro do Sidia. Este relato apresenta um estudo, no uso da CLCATCH nas atividades do time de LPs. E apresenta o impacto do uso desta ferramenta no processo de geração de *release* dos S.O.s para os dispositivos móveis da Samsung.

Neste artigo, apresenta-se o impacto do uso da CLCATCH nos projetos desenvolvimento de plataforma, que focam especialmente em atualizações de segurança do Android presentes nos dispositivos Samsung, uma das parceiras do Sidia. Como forma de avaliar o impacto da ferramenta CLCATCH no processo de busca de novas mudanças no repositório, foi feita uma análise qualitativa, considerando as buscas de *patches* e rótulos em PPs. Assim, foi realizada uma pesquisa de satisfação no uso da ferramenta.

3. ESTUDO DE CASO PARA O USO DA CLCATCH

Para validar a eficiência da CLCATCH foi escolhida uma amostra de desenvolvedores, considerando a atividade de busca de *patches* de cada PP, feita de forma manual e utilizando a ferramenta. Foram escolhidos nove LPs, como participantes do estudo. A amostra foi escolhida aleatoriamente, e os participantes realizaram a aceitação e caracterização do estudo, por meio de formulários. O contexto da avaliação foi buscar os requisitos e *patches* de segurança, que são itens que o Google disponibiliza publicamente para comunidade de desenvolvedores e parceiros da Open Hands Alliance (Android Security Bulletin, 2019).

Segundo Jimenez *et al.* (2009), em DDS alguns fatores podem impactar na produtividade de desenvolvedores tais como: alto número de desenvolvedores, tempo, alta complexidade das tarefas, escopo, habilidades e tarefas manuais. Nesse contexto, para escopo do estudo foi escolhido o monitoramento do tempo, a eficácia para execução da tarefa e o total de PPs a serem detectadas, utilizando a forma manual e com a ferramenta. Após a implantação da ferramenta CLCATCH, foi feito o monitoramento do tempo de execução dos desenvolvedores no processo de *patches* presentes nas PPs, de forma manual. A Tabela 1 mostra o resultado considerando a identificação pelos desenvolvedores participantes no estudo.

Tabela 1. Desempenho dos Participantes do Estudo

LP	Tempo de busca (hh:mm:ss)	Detecção de <i>patches</i> na PP	Taxa de Eficácia
1	00:02:32	02	67%
2	00:01:34	03	100%
3	00:00:55	01	33%
4	00:02:28	03	100%
5	00:01:27	02	67%
6	00:03:09	03	100%
7	00:00:58	03	100%
8	00:01:02	02	67%
9	00:02:06	01	33%

Este estudo inicial foi a motivação para automatização da tarefa de buscas de PPs por meio de uma ferramenta de software. Diante desse cenário, foi construída a CLCATCH, para avaliar o impacto de contribuição da ferramenta foi feita uma pesquisa realizada qualitativa, realizada por meio de questionários. O objetivo foi identificar o grau de eficiência no processo de identificação. Assim, foi disponibilizado um projeto piloto, apenas para monitorar o tempo de busca manual, sem o uso da CLCATCH. A tarefa monitorada foi identificar três rótulos em três *patches* dentro de uma PP específica, utilizando o SVN como base para busca. Esta atividade foi feita antes da disponibilização da CLCATCH para a equipe de LPs.

O tempo médio para execução da tarefa foi de um minuto e 48 segundos. E a taxa de eficácia média, que é definida pela razão entre a detecção individual e o total de PPs (Brito *et al.* 2016; Fernandes *et al.* 2011; Coutinho, 2015), foi de 74%. O processo de detecção das PPs utilizando a CLCATCH demora em torno de cinco segundos para realizar a busca da PP e a extração das PPs correspondentes. Isto acaba influenciando no desempenho individual dos desenvolvedores para execução da atividade. Além de melhorar a precisão na identificação dos *patches* de atualização. Isto cria indícios de que a ferramenta melhora substancialmente a atividade no processo de *release* do Sidia.

Além dessa análise, foi feita a avaliação da percepção dos desenvolvedores participantes. Para coleta foi feito um questionário, no Google Forms. Os resultados são descritos na próxima Seção. Para coleta dos dados, foram elaboradas questões, usando como base o modelo TAM (*Technology Acceptance Model*). O TAM investiga a aceitação de uma tecnologia pelos usuários por meio da percepção sobre utilidade e percepção sobre facilidade de uso (Davis, 1989), este modelo foi utilizado como base para elaboração de questões sobre a interação dos usuários com a tecnologia.

4. RESULTADOS OBTIDOS

A análise qualitativa foi importante para identificar pontos de melhoria e avaliar a percepção da equipe, sobre o uso da ferramenta CLCATCH. A Tabela 2 apresenta os resultados do questionário TAM aplicado. Os resultados, coletados pelo formulário mostram resultados favoráveis ao uso da CLCATCH.

Tabela 2. Avaliação qualitativa dos participantes do estudo

Métrica	ID Perguntas	Itens de Verificação	Concordo totalmente	Concordo amplamente	Concordo parcialmente	Discordo parcialmente	Discordo amplamente	Discordo totalmente
Facilidade de Uso	Q1	Foi fácil de aprender a usar a CLCATCH	4	3	2	0	0	0
	Q2	Consegui usar a CLCATCH da forma que eu queria	4	1	3	1	0	0
	Q3	Eu entendia o que acontecia na minha interação com a CLCATCH	6	2	1	0	0	0
	Q4	É fácil ganhar habilidade no uso da CLCATCH	5	3	1	0	0	0
Desempenho	Q5	A ferramenta me permitiu realizar as buscas de forma mais rápida que as abordagens anteriormente utilizadas	6	2	1	0	0	0
	Q6	Considero que a CLCATCH melhora a minha atividade no processo de geração de <i>releases</i>	5	3	1	0	0	0
	Q7	Consegui buscar facilmente os pacotes que eu desejava	5	2	1	0	0	0
	Q8	CLCATCH melhora minha produtividade	6	2	1	0	0	0
Utilidade	Q9	Considero a CLCATCH útil	7	2		0	0	0
	Q10	Consegui indicar as modificações dos pacotes correspondentes identificadas pela ferramenta	6	2	1	0	0	0
	Q11	A CLCATCH aprimora a busca segura de pacotes em relação ao processo anteriormente utilizado	5	0	4	1	0	0
	Q12	A CLCATCH melhora o processo de geração de <i>releases</i>	5	2	1	1	0	0

Em relação à facilidade de uso, os desenvolvedores participantes concordaram sobre a facilidade de aprendizado no uso da CLCATCH (Q1), tendo todos os participantes com aceitação positiva para o uso da CLCATCH. Em relação a Q2, um desenvolvedor discordou parcialmente sobre o uso da CLCATCH e outros oito concordaram positivamente. Como sugestão o desenvolvedor que discordou parcialmente relatou “*Eu adotaria como funcionalidade um sort para patches encontradas na ferramenta*”. Em relação a Q3, houve aceitação positiva sobre interação com a ferramenta, tendo apenas um dos desenvolvedores concordado parcialmente com o uso da CLCATCH.

A análise qualitativa permitiu como sugestão capturar sugestões de melhoria como: “*Inserir hints para o campo de pesquisa das PPs*” outro desenvolvedor sugeriu “*Poderia retirar o campo de download e realizar esta tarefa de forma automática*”. Em relação a Q3 e Q4, da Tabela 2, os desenvolvedores tiveram facilidade no uso e ganho de habilidade na interação com a ferramenta proposta. No entanto, houve uma sugestão para melhorar a aplicação como: “*Relacionar os PPs com os patches correspondentes e ordená-las*” proposta por um participante do estudo.

Em relação ao desempenho, os desenvolvedores participantes foram parcialmente favoráveis, em relação a Q5, seis participantes concordaram amplamente que a ferramenta permite realizar a atividade de buscas de forma mais eficiente. Em relação a Q5 e Q6, os participantes concordaram que a ferramenta melhora a atividade dos LPs. No entanto, um dos participantes sentiu dificuldade no uso da CLCATCH (Q7), pois segundo o mesmo *“removeria a necessidade de download dos arquivos, presentes na versão atual da CLCATCH”*. Considerando a utilidade da ferramenta, os resultados mostram importante contribuição da CLCATCH. Os participantes relataram como pontos favoráveis *“Reduz a necessidade de outras ferramentas para filtrar patches em PPs”*. Outro participante relatou *“A ferramenta melhora consideravelmente, pois concentra toda a atividade dentro da mesma interface”*. Um dos participantes relatou ainda que *“A ferramenta reduz o tempo de busca, e elimina as falhas causadas pela ação humana nas buscas”*. Além disso, o estudo foi útil, pois permitiu homologar a ferramenta oficialmente para atividade de buscas de patches, para geração de releases de segurança. Este estudo permitiu novas funcionalidades como: 1) adicionar um tutorial a ferramenta; 2) importância da ferramenta para as atividades de LPs do Sidia. 3) reduzir a lista e agrupar os patches de atualização.

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresenta um relato de experiência, sobre a adoção de uma ferramenta para melhoria de uma das atividades de LPs, em projetos de desenvolvimento de plataforma Android, executados no Sidia. Este processo de desenvolvimento de S.O. é feito pelo Sidia em conjunto com outros Institutos de P&D da Samsung, separados geograficamente e representa grande importância para o crescimento da empresa e da região Amazônica.

A CLCATCH foi criada em razão da grande demanda de projetos que o Sidia dispõe atualmente, como forma de automatizar uma atividade do processo de buscas de PPs, que contém modificações armazenadas patches. Tais modificações são de diversas características que podem ser desde correção de módulos do Android, para os dispositivos Samsung. Até atualizações de segurança homologadas pelo Google, que disponibiliza novos patches para os parceiros da Open HandSet Alliance.

Para a coleta de dados, foi feito questionários com o time de LPs, que realiza a gestão das tarefas, entregas e prazos para atualização dos dispositivos, bem como as tarefas necessárias para identificação dos requisitos de atualização dos S.Os. Os resultados mostram importante contribuição da ferramenta, com melhoria no tempo de atividades e taxa de eficácia média de 74%. Neste sentido, o estudo foi importante para identificar os problemas que são mais críticos no time de LP, bem como a criação de uma alternativa para otimizar uma das atividades de gestão das tarefas no ciclo de desenvolvimento de um dos produtos disponíveis nos dispositivos Samsung.

Como limitação podemos destacar a falta de um design experimental mais detalhado e um comparativo, focado nas atividades com e sem a ferramenta. Sabe-se que o uso de ferramentas em comparação à atividade manual possui grande disparidade (Fernandes, et al. 2011). No entanto, o estudo qualitativo foi útil para identificar as percepções de melhoria obtida com o uso, pelos LPs participantes.

Espera-se com isso contribuir para incentivar outras empresas e institutos de P&D a compartilhar suas experiências na área de Engenharia de Software. E com isso criar alternativas que permitam estreitar parcerias com a academia para melhoria de processo de software.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a SAMSUNG Eletronics of Amazon Ltda, nos termos da Lei de Informática N° 8387/91.

REFERÊNCIAS

- Android Security Bulletin – Link: <https://source.android.com/security/bulletin/> access: 2019-08-08.
- Audy, J. Prikladnick, R., 2007. *Desenvolvimento Distribuído de Software - Desenvolvimento de Software com Equipes Distribuídas*. Série Campus. Elsevier Editora, Rio de Janeiro, Brasil.
- Bosnic, I. et al. 2011. *Avoiding Scylla and charybdis in distributed software development course*. *Proceedings of the 2011 Community Building Workshop on Collaborative Teaching of Globally Distributed Software Development*. New York, United States, 26–30.
- Brito, R.B.S et al. 2016. *Aprimorando um Jogo para Ensino do Método de Avaliação de Comunicabilidade por Meio de Estudos Experimentais*. XV Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software / XV Brazilian Symposium on Software Quality Artigos Técnicos / Research Paper. Maceió, Brasil, 94-105.
- Coutinho, et al. 2011. *Improving an Educational Mobile Application through Usability Evaluation*. 2015. 9th International Technology, Education and Development Conference. Madrid, Espanha, 5812-5820
- Davis. 1989. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 319-339.
- Fernandes, P et al. 2014. *A Usability Inspection Approach to Assist in the Software Development Process*. The Ninth International Conference on Software Engineering Advances. Nice, France, 651-657.
- Jimenez, M. et al. 2009. *Challenges and Improvements in Distributed Software Development: A Systematic Review* – In *Advances in Software Engineering Vol 2009*, 1-14, doi:10.1155/2009/710971
- Lima, A. Costa, B. França, 2016, *Gerência Flexível de Processos de Software com o Ambiente WebAPSEE*. XIII Sessão de Ferramentas–XX SBES.
- Neto, C.R.L et al., 2012. *Avaliando a Qualidade do Software de um Projeto Distribuído: um Relato de Experiência*. XI Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software. 373-380, Fortaleza, Brasil,
- Stawnicza. O. 2015. *Distributed team cohesion – not an oxymoron. The Impact of information and communications technologies on teamness in globally distributed IT projects*. *International Journal of Information Systems and Project Management*. Available in: <http://www.sciencesphere.org/ijispm/archive/ijispm-030202.pdf>
- Weimann, M. P. et al. 2013 *Enhancing team performance through tool use: How critical technology related issues influence the performance of virtual project teams*. *IEEE Transactions on Professionals Communication*.

O BPMN E O LEAN NA PADRONIZAÇÃO E MELHORIA CONTÍNUA DOS PROCESSOS: UMA METODOLOGIA APLICADA NUM CASO PRÁTICO

Sara Castro¹ e Leonor Teixeira²

¹DEGEIT - University of Aveiro

²IEETA / GOVCOPP / DEGEIT - University of Aveiro
Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

RESUMO

Devido ao crescente nível de competitividade e ao aumento da pressão a que as empresas estão sujeitas hoje em dia, torna-se premente a necessidade de analisar, melhorar e padronizar de forma contínua todos os processos. A gestão dos processos de negócio (BPM), onde se inclui a modelação, surge como resposta àquela necessidade, levando, muitas vezes a processos de desmaterialização. Porém, a padronização, por si só, não é suficiente para elevar a competitividade de uma empresa. É necessário aliar a melhoria contínua através do uso de ferramentas *Lean*, uma vez serem adequadas à identificação e, conseqüente, à eliminação de desperdícios e atividades de valor não acrescentado (NVA). Este trabalho surge com esta necessidade, tendo como objetivo a proposta de uma metodologia que combina os conceitos de *Lean* e BPM, usando para a representação dos processos a notação BPMN 2.0 (*Business Process Model and Notation*) para a representação dos processos. A metodologia foi testada numa empresa pertencente à indústria do plástico, tendo os resultados contribuído para a preparação e iniciação do processo de certificação com a norma de qualidade, ISO9001:2015.

PALAVRAS-CHAVE

Gestão de Processos de Negócio, Modelação de Processos de Negócio, BPMN, Padronização de Processos, SDCA, Melhoria Contínua, *LEAN*

1. INTRODUÇÃO

Num mercado cada vez mais assente numa forte concorrência industrial e movido pela pressão derivada das exigências colocadas pelos consumidores, as empresas têm a necessidade de obter diversos tipos de certificação, onde se destacam as associadas aos Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ). A certificação em SGQ rege-se pela documentação dos processos, procedimentos e responsabilidades envolvidas no cumprimento das normas pré-estabelecidas da qualidade, através de técnicas de padronização (Mohanraj and Kumar, 2019). No entanto, a padronização de processos com vista à obtenção de uma certificação não é suficiente para elevar o nível de competitividade de uma empresa. O foco na melhoria contínua dos processos através da utilização de ferramentas *Lean*, numa perspetiva de identificação de desperdícios e de atividades de valor não acrescentado (NVA), pode constituir uma solução para melhorar a competitividade das organizações. William Thomson (físico britânico também conhecido por Lord Kelvin), defendia através da sua expressão “*If you can't measure it, you can't improve it*” (Jaramillo and Richardson, 2016) que só é possível melhorar, aquilo que se consegue medir. Neste sentido, a criação de modelos e mecanismos de padronização poderão constituir uma alavanca para a fase da melhoria, com vista à obtenção de processos mais eficazes e eficientes.

No entanto, após se alcançar essa base de conhecimento dos processos e respetiva padronização, surge a necessidade da melhoria contínua, existindo, para o efeito, um conjunto de ferramentas *Lean*, numa perspetiva de identificar desperdícios e atividades de NVA. Com esta necessidade, das organizações terem os seus processos mapeados, padronizados e com mecanismos de constante controlo e melhoria, surge uma dificuldade acrescida, que poderá ser atenuada com a utilização de Tecnologias e Sistemas de Informação (TI/SI). Assim, as TI/SI garantem a existência de uma base de conhecimento, onde fica registada toda a

informação relativa aos processos, bem como os interveniente que terão acesso à informação (Castela *et al.*, 2013).

O presente trabalho apresenta uma metodologia, que resultou da junção de dois conceitos previamente conhecidos – o BPMN (*Business Process Model and Notation*) e o SDCA (*Standard-Do-Check-Act*) –, metodologia esta que veio a suportar a padronização dos processos de negócio de uma empresa recém-criada, tendo contribuído para a inicialização do processo de certificação do SGQ, através da norma ISO9001:2015. Numa primeira fase, identificaram-se e modelaram-se os processos, utilizando a notação BPMN2.0. De seguida analisaram-se os modelos encontrados e mapeados, com vista à obtenção de processos mais eficientes, utilizando, para o efeito, um conjunto de ferramentas *Lean*. Na fase seguinte padronizaram-se os processos recorrendo ao ciclo SDCA, da melhoria contínua, de forma a alcançar, a longo-prazo, uma estabilização numa gestão orientada a processos.

Em termos de estrutura, o artigo apresenta o estado da arte na secção 2, seguido da metodologia resultante do estudo, na secção 3. Os resultados provenientes da aplicação da metodologia num caso prático real aparecem na secção 4. Sendo o último artigo dedicado às conclusões e ao trabalho futuro.

2. ESTADO DA ARTE

2.1 Trabalhos Relacionados

São inúmeros os autores que se debruçam sobre o conceito de *Lean* e de BPMN, mas poucos trabalham estes conceitos de forma conjunta. Em 2013, Castela et al. propuseram um “método colaborativo para atualizar o modelo de processos de negócio”, MACoP, com o objetivo de conseguir diminuir a dificuldade sentida na padronização e manutenção dos processos. Este método foi aplicado e estudado em cinco organizações portuguesas, resultando num mecanismo que permitiu envolver os atores nos processos de validação dos modelos, alinhando-os com a realidade de uma forma interativa (Castela *et al.*, 2013). Mais tarde, em 2016, Girardi et al. propuseram um método para a implementação de *Lean Office* e que incorpora conceitos de Gestão de Processos. Os autores avaliaram este novo método num caso de estudo onde afirmam que a proposta “demonstrou eficácia” e a possibilidade de aplicação. Apesar de poder ser generalizado noutros contextos, não contempla uma forma de garantir a padronização dos processos antes de se poder proceder a melhorias, existindo apenas uma contribuição das ferramentas *Lean* ao longo da gestão de processos descrito pelos autores.

Mais recentemente, também se realizou um estudo para a identificação dos benefícios económicos relacionados com a padronização através da certificação ISO 9000. Os autores, (Mohanraj and Kumar, 2019) reforçam os contributos dos padrões para uma melhoria da produtividade e do desempenho das organizações.

Também o trabalho de Arromba, Teixeira, & Xambre (2019) efetivaram um estudo exploratório em contexto industrial onde recorreram dos conceitos de *Lean* e BPMN. Este estudo teve como principais objetivos: (1) enfatizar a importância da modelação dos processos durante a recolha de dados, análise e visualização dos procedimentos padrão; (2) comprovar a importância da redução de ineficiências nos fluxos de informação. Para o efeito, utilizaram métodos e princípios de *Lean*, Sistemas de Informação e Indústria 4.0. Uma abordagem onde o BPM permitiu uma maior compreensão dos processos de forma a alcançar soluções abrangentes no que toca a processos com necessidade de melhoria. No entanto, não é debatido o problema aqui apresentado no que toca à padronização dos processos de negócio.

2.2 Sobre BPM e *Lean*

Um aspeto comum das organizações é a existência de processos que definem a forma como o trabalho é realizado pelos recursos a ele associados. Cada organização – seja uma “agência governamental, uma organização sem fins lucrativos, ou uma empresa – tem que gerir um número alargado de processos”, podendo usar, para o efeito, os conceitos relacionados com a gestão de processos de negócio (sigla conhecida em inglês como BPM (*Business Process Management*) (Dumas *et al.*, 2013). No contexto do BPM, tem-se o conceito de modelação de processos de negócio, que segundo a definição de Závadský e Závadská (Závadský and Závadská, 2014) significa “uma orientação por processos, de um sistema de gestão, que pode ser

alcançada através da aplicação de uma abordagem por processos”, incluindo todas as atividades organizacionais detentoras da informação sobre ‘como’, ‘quem’ e ‘quando’ se executam as atividades no processo. Mas para uma empresa poder afirmar que, efetivamente, segue uma abordagem por processos, terá que ter um mapa de todos os processos, que se traduz pelo “conjunto de atividades relacionadas e estruturadas realizadas por uma ou mais organizações, de forma a atingir um determinado objetivo” (Stajniak and Koliński, 2016).

Como forma de harmonizar este conceito de BPM com a concepção de padronização, existiu a necessidade de se criar uma linguagem de modelação universal, para que fosse compreendida por todos os *stakeholders*. O *Business Process Model and Notation* (BPMN) trouxe uma uniformização dos ícones utilizados para o desenho das atividades e fluxos dos respetivos processos, assim como para a representação das tomadas de decisão que lhes são inerentes. Mais recentemente, a última versão, BPMN2.0, desenvolvida pelo *Object Management Group* (OMG), surgiu como uma forma de minimizar as diferenças e a distância entre os comportamentos reais dos processos e os desejados, permitindo assim uma execução mais direta dos processos de negócio (Geiger *et al.*, 2018). Esta última versão tornou-se assim uma referência por ser uma alternativa simples e versátil para a modelação dos processos de negócio das empresas, servindo diferentes finalidades (Corradini *et al.*, 2018). Uma outra característica do BPMN2.0, que desde cedo se evidenciou, é a possibilidade da modelação das colaborações entre diferentes organizações, permitindo uma troca de informação no sentido de cooperação, com o intuito de se alcançarem objetivos partilhados (Kherbash and Mocan, 2015).

Adicionalmente, constatou-se que o ciclo BPM é um ciclo de gestão de processos, onde as ferramentas *Lean* podem ocupar um lugar de destaque, através da adoção de um pensamento de melhoria contínua, ainda durante as fases de análise e redesenho dos modelos AS-IS, resultantes da primeira fase da descoberta dos processos. O foco em processos que criem valor acrescentado para as empresas, aumentando o seu nível de competitividade através da eliminação das atividades que não gerem qualquer valor ao resultado final, está na base das metodologias *Lean* e BPM. Após se elaborar uma análise de valor às atividades constituintes dos processos, as ferramentas *Lean* têm um grande potencial para auxiliar nesta redução/eliminação das atividades que não lhe acrescentam qualquer valor. De entre todas as ferramentas existentes, e pelas inúmeras vantagens que trazem para o mundo empresarial, destacam-se as seguintes: KANBAN (Lolli *et al.*, 2016); “5 *Why's*” (Perry and Mehlretter, 2018); conceitos de ergonomia de trabalho com aumento de eficiência na produtividade (Alsaffar and Ketan, 2019); ANDON (Minh, Nguyen and Cuong, 2019); gestão visual através de quadros operacionais (Bateman, Philp and Warrender, 2016); dimensionamento de supermercados de abastecimento (Emde, 2017); conceitos sobre otimização de *layouts*, utilizando o *spaghetti diagram* (Senderská, Mareš and Václav, 2017); 5 S's (Boca, 2015); e ainda, o *Obeya Room* (Javadi, Shahbazi and Jackson, 2013).

Para uma implementação bem-sucedida destas ferramentas, a sua aplicação deve ser feita de forma planeada, com objetivos e planos de ação bem definidos *a priori*. O ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) ou também conhecido como ciclo de *Deming*, uma ferramenta mundialmente conhecida para gestão da melhoria dos processos, permite garantir que a cultura da empresa se foque não só nas melhorias, mas principalmente na sua execução correta e contínua (Jagusiak-Kocik, 2017).

É também a partir desta ferramenta, o ciclo PDCA, que surge o ciclo SDCA da melhoria contínua. O principal objetivo deste ciclo é o de padronizar os processos sujeitos a melhorias, assim como assegurar “a estabilidade dos padrões existentes”, ainda antes de se efetuarem quaisquer modificações (Stojkic *et al.*, 2014). Como se pode observar pelo gráfico da figura 1, onde se pretende mostrar a interação entre os dois ciclos, a estabilidade inicial de um processo é assegurada pela implementação de consecutivos ciclos SDCA. Desta forma, é possível resolver anomalias que possam surgir durante o decorrer de um processo estabelecido e devolver-lhe harmonia antes de se poder avançar para um novo ciclo de melhoria contínua, através de um evento *Kaizen*, com o ciclo PDCA. Apenas com várias interações entre os dois ciclos ao longo do tempo é que se conseguirá atingir uma maior performance dos processos.

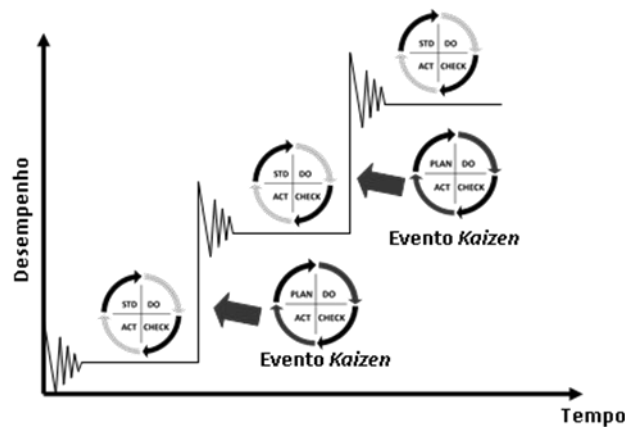


Figura 1. *Framework* representativa da interação entre o ciclo SDCA e o ciclo PDCA

Assim sendo, independentemente das técnicas adotadas para aperfeiçoar os modelos criados, deve-se sempre padronizar qualquer alteração efetuada e validada pela organização. Esta padronização deve ser frequentemente revista, incorporando mudanças sempre que seja necessário (Stajniak and Koliński, 2016).

Como se constatou no início desta secção, o BPM oferece grande parte do conhecimento necessário para que uma organização possa mapear, analisar e gerir os seus processos de negócio o mais eficazmente possível, especialmente quando confrontada com os conceitos de modelação e padronização. Mas dado o elevado interesse pelas empresas em orientarem a sua cultura para a melhoria contínua, surge uma nova questão. Como gerir processos em ambientes *Kaizen*, num ciclo de mapeamento, padronização e melhoria contínua?

3. METODOLOGIA PROPOSTA

Para responder à questão levantada anteriormente, propõe-se uma metodologia que combina abordagens emergentes do BPM e da filosofia *Lean*, mais especificamente através do SDCA. Com esta fusão pretende-se expor as sinergias que existem entre a gestão e mapeamento dos processos através do BPMN e a padronização numa fase mais estável do ciclo, considerando a filosofia de melhoria contínua (*Kaizen*). Esta metodologia, a que se deu o nome de BPM@SDCA, encontra-se representada na *framework* da figura 2. Tal como se verifica na *framework*, o primeiro passo da metodologia passa por definir e priorizar as áreas da empresa a serem alvo de ação, calendarizando para cada uma delas as várias fases da metodologia. Os passos 2 e 3 representam a junção dos dois ciclos anteriormente identificados, que serão percorridos para cada processo detetado na primeira etapa do ciclo BPM.

Este ciclo é composto por 6 fases contínuas, que são: identificação do processo; descoberta do processo; análise do processo; redesenho do processo; implementação do processo; controlo e monitorização do processo. Neste trabalho, apenas serão abordadas 4 fases, ou seja, a identificação do processo, seguida da fase de descoberta, onde se obtém o modelo AS-IS, depois as fases de análise e redesenho do processo para obtenção do modelo TO-BE, que serve como ponte de ligação para a inicialização de um ciclo SDCA. Esta primeira fase de descoberta consiste em criar um corpo de conhecimento do domínio sobre os processos por forma a descrever modelos que reflitam o processo de negócio real que se pretende modelar. Nesta fase, após se definirem os participantes envolvidos na criação dos modelos, é necessário inferir sobre as várias técnicas de descoberta de processos a utilizar. Entre elas, as mais utilizadas são: descoberta baseada em evidência; descoberta baseada em entrevista; descoberta baseada em *workshops* (Dumas *et al.*, 2013). A triangulação da informação obtida pela utilização de várias técnicas, normalmente permite melhorar os resultados, levando à obtenção dos modelos AS-IS. Por sua vez, o modelo TO-BE alcançado após uma fase de análise e redesenho, facilitará a fase de padronização, agora dentro do ciclo SDCA, disponibilizando os padrões a serem documentados e disponibilizados pela empresa. O ciclo SDCA deverá ser ‘corrido’ as vezes necessárias, até não existirem ações suficientes provenientes da fase ‘*Check*’ ou também conhecida por fase da “Implementação”, que justifiquem a inicialização de um novo ciclo. Resta então replicar os passos 2 e 3 para

todos os processos identificados na primeira fase do BPM, descrito no passo 4 da *framework*. Para modelar os processos, recorre-se ao BPMN2.0, por todas as vantagens apresentadas nas secções anteriores, nomeadamente a flexibilidade e o facto de ser a linguagem mais recente centrada em processos e validade pela OMG.

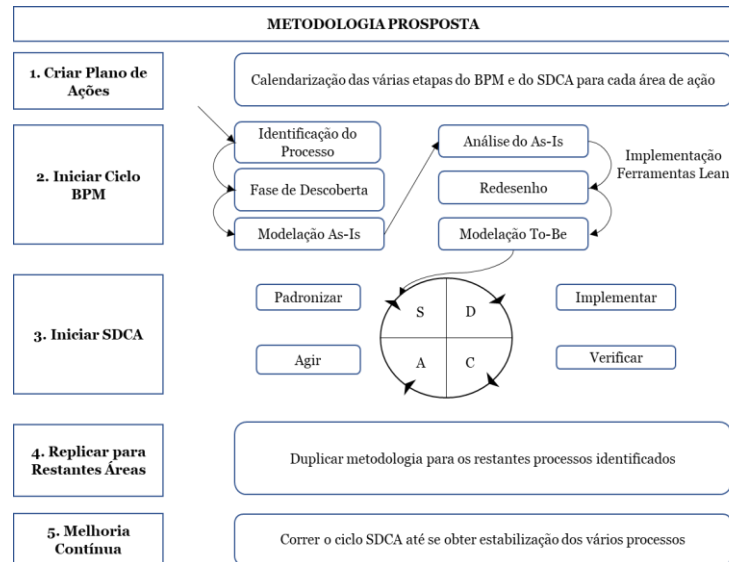


Figura 2. *Framework* com a representação da metodologia BPM@SDCA

Neste contexto de interação, as sinergias entre as duas abordagens serão expostas e espera-se uma maior eficiência e eficácia na obtenção de processos padronizados em ambiente organizacional, assim como a sua estabilização a longo prazo.

4. ESTUDO DE CASO

O presente caso de estudo, onde foi aplicada e testada a metodologia proposta, teve lugar numa empresa portuguesa, recém-criada, pertencente à indústria do plástico e inserida num grupo líder do mercado e com uma crescente presença internacional, dentro da área de acessórios para bicicletas e motos de *off-road*. Esta empresa, que contava apenas com duas semanas de existência a partir do momento em que testou a metodologia proposta, produz, padroniza e vende garrafas de água desportivas a um preço e um *lead-time* competitivo no mercado europeu. Tinha como requisitos a necessidade de mapear e definir os *standards* dos processos existentes, tanto os adaptados da casa-mãe do grupo onde se inseria, como os criados de raiz para este novo contexto empresarial, que diferia das restantes empresas da organização pretendia também proceder à sua análise por forma a torná-los mais eficientes, incluindo-os num pensamento de melhoria contínua. Assim, começou-se por aplicar a metodologia descrita na secção anterior, através da identificação de todos os processos existentes inicialmente na empresa e procedeu-se à fase de descoberta para cada um deles. Ainda nesta fase, recorreu-se a um conjunto de técnicas de descoberta de processos, nomeadamente: entrevistas estruturadas; *workshops*; métodos por evidência, principalmente através de observação direta. O método de triangulação dos dados foi utilizado como forma de validar a convergência da informação obtida através das três técnicas de descoberta de processos suprarreferidas. De seguida os respetivos modelos AS-IS foram construídos, utilizando para o efeito, a notação BPMN2.0.

A figura 3 pretende ilustrar um exemplo de um dos modelos AS-IS obtidos relativo a um processo, neste caso o processo logístico de tratamento de encomendas.

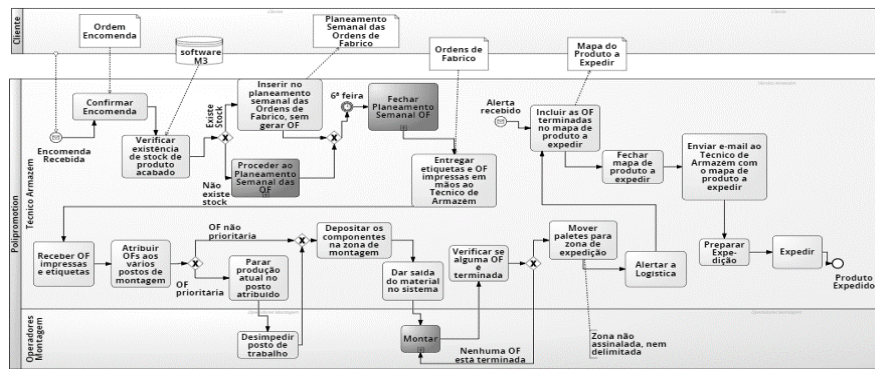


Figura 3. Modelação AS-IS em BPMN2.0 do processo logístico de tratamento de encomendas

Este modelo serviu então como ponto de partida para se proceder a uma análise de valor das atividades que lhe constituem, por parte do “analista do processo” (Dumas *et al.*, 2013). Esta análise teve em conta a identificação e a documentação de todos os problemas que foram sendo encontrados, a diferenciação das atividades de valor acrescentado (VA) das que não acrescentavam qualquer valor ao processo (NVA) e a decisão sobre quais os focos de atuação para a implementação de melhorias (Minh, Nguyen Dat ; Nguyen, Nguyen Danh ; Cuong, 2019).

Para o caso em estudo, e dada a imaturidade dos processos, seria de esperar detetar-se um elevado número de atividades que apenas representassem desperdício para a empresa, tanto a nível de consumo de tempo, como de espaço e de *Work in Progress* (WIP), traduzindo um aumento nos custos internos. Esta conjectura confirmou-se com uma soma de atividades de NVA a ultrapassar os 50% das atividades totais da empresa.

Para os problemas encontrados, alvos de foco de atuação, foram propostas melhorias, sempre que possível através da utilização de ferramentas *Lean*. A criação de KANBAN de apoio ao planeamento da produção, com cores distintas para cada departamento produtivo, permitiu um transporte das ordens de fabrico de fácil visualização e maior eficiência. Efetuaram-se sessões de *brainstorming* aplicando a ferramenta dos “5 *Why's*” com o objetivo de se encontrarem as causas raiz dos problemas que iam sendo apontados. Criaram-se novos postos de trabalho individuais tendo em conta a ergonomia do trabalho e otimizaram-se os *layouts* fabris, atendendo aos conceitos de *spaghetti diagram*. Criaram-se, ainda, supermercados de abastecimento mais eficientes e adequados às dimensões dos lotes de produção. Como resultado, reduziu-se aproximadamente 11% da área total ocupada inicialmente. Numa fase inicial, construíram-se ANDON manuais simples para facilitar a comunicação interna entre os colaboradores e realizaram-se sessões de 5S’s nos vários departamentos da fábrica. Para culminar, criou-se uma *Obeya Room* onde se passaram a realizar as reuniões semanais transversais a todos os departamentos da empresa e que continha vários placares de escrita com algumas ferramentas da qualidade para se utilizarem no dia-a-dia da empresa. Nesse estavam disponibilizados alguns KPI’s diários para análise, do interesse comum da administração e dos operadores. As melhorias propostas foram sendo implementadas e os modelos iniciais redesenhados por forma a se obterem modelos mais eficientes e capazes, denominados por modelos TO-BE. A figura 4 ilustra o modelo TO-BE obtido após análise e redesenho do respetivo modelo AS-IS que lhe deu origem, previamente apresentado na figura 3.

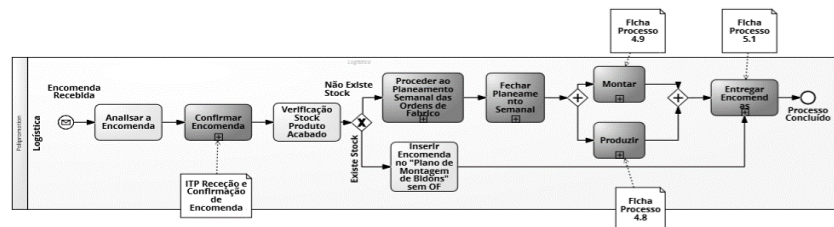


Figura 4. Modelação TO-BE em BPMN2.0 do processo logístico de tratamento de encomendas

Como se pode verificar a nível do macro aspeto do modelo, percebe-se facilmente uma grande redução das atividades NVA e uma simplificação dos fluxos do processo. Consta-se também uma disposição mais metódica dos respetivos subprocessos, correspondendo a um melhor entendimento por parte dos participantes sobre o conjunto de atividades a desempenhar.

Pela metodologia, mais do que apostar nas melhorias, é fundamental que se garanta que estas são postas em prática e por isso os modelos TO-BE servem como ponte de ligação para a inicialização de um novo ciclo SDCA. A primeira fase de ‘*Standard*’ consistiu em incluir todos os modelos TO-BE nos templates dos processos e disponibilizá-los nas plataformas *online* que existiam no grupo e que se verificaram serem suficientes para responder às necessidades diárias da organização, garantindo que os colaboradores tivessem acesso à consulta dos mesmos (Base de conhecimento). É também importante realçar as formações que foram dadas a todos os colaboradores da empresa, desde o operário ao diretor fabril e que consistiu na apresentação dos modelos, das principais mudanças que ocorreram, desde os processos AS-IS, na disponibilização dos documentos e no esclarecimento sobre a localização dos mesmos e das formas de acesso. Dada a formação, foram implementadas todas as atividades no chão de fábrica e procedeu-se a uma monitorização no terreno com o objetivo de verificar se os processos estavam a ser postos em prática. Após a verificação do cumprimento dos standards, passou-se à última fase do ciclo, a fase ‘*Act*’, através da procura por melhorias nos procedimentos padrão pré-estabelecidos e da definição de ações ou medidas corretivas para a sua melhoria. Por fim, o ciclo SDCA foi corrido até não se verificarem mais desvios aos processos durante a fase ‘*Check*’.

5. CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

A metodologia proposta e que passa pela junção das abordagens de BPM e SDCA permitiu a uma empresa recém-criada a inicialização do processo de certificação na norma dos Sistemas de Qualidade, ISO9001:2015, apenas com seis meses de existência. A padronização dos processos, suportada no ciclo SDCA e respetiva disponibilização através das plataformas existentes estiveram, também, na base deste êxito.

A linguagem BPMN2.0 destaca-se pela sua simplicidade e pela facilidade com que os colaboradores da empresa interpretam os modelos, mesmo que nunca tenham tido contacto prévio, como ocorreu no estudo de caso apresentado. O facto desta empresa ter apenas dois meses de existência, a partir do momento em que se iniciou o estudo e aplicação da metodologia, também demonstra a versatilidade da metodologia para a sua replicação noutros contextos organizacionais.

Também a utilização de ferramentas *Lean* para melhoria dos processos permitiu a eliminação das atividades NVA que foram identificadas, bem como a criação de fluxos contínuos através da simplificação dos modelos.

A modelação em BPMN surge assim como uma ponte de ligação entre a aplicação de ferramentas *Lean* orientadas a processos com os modelos obtidos e disponibilizados pelos colaboradores, permitindo assim a sua correta manutenção.

Como trabalho futuro, pretende-se o aperfeiçoamento da metodologia, integrando os conceitos que emergem na nova era digital, por forma a dar resposta à necessidade dos clientes na área dos processos, ao mesmo tempo que se incluem as exigências advindas do mundo empresarial em resposta à 4ª revolução industrial. Este objetivo vai permitir uma maior sinergia entre conceitos, empenhando-se todos para uma finalidade comum: (i) facilitar o acesso aos modelos dos processos de negócio; (ii) permitir uma atualização dos modelos em tempo real de forma a tornar as empresas mais rápidas e ágeis, através da implementação de tecnologias digitais que transformem as operações de negócio; e, ainda (iii) potenciar a representação digital das empresas em resposta às necessidades do ‘*Digital Twin*’.

REFERÊNCIAS

- Alsaftar, I. Q. and Ketan, H. S. (2019) ‘Integrating of Lean Six Sigma Methodology and Ergonomics Principles for Improvement in an Assembly Industrial Workstation’, *Journal of Engineering*. *Journal of Engineering*, 25(9), pp. 12–29. doi: 10.31026/j.eng.2019.09.2.

- Arromba, A. R., Teixeira, L. and Xambre, A. R. (2019) 'Information Flows Improvement in Production Planning Using Lean Concepts and BPMN an Exploratory Study in Industrial Context', in *2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*. IEEE, pp. 206–211. doi: 10.23919/CISTI.2019.8760699.
- Bateman, N., Philp, L. and Warrender, H. (2016) 'Visual management and shop floor teams – development, implementation and use.', *International Journal of Production Research*, 54(24), pp. 7345–7358. doi: 10.1080/00207543.2016.1184349.
- Boca, G. D. (2015) '5S IN QUALITY MANAGEMENT', *Annals of the University of Oradea, Economic Science Series*, 24(1), pp. 1297–1306. doi: 1222-569X.
- Castela, N. et al. (2013) 'Atualização Colaborativa do Modelo de Processos de Negócio', *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, 1(12), pp. 33–47. Available at: <https://kopernio.com/viewer?doi=10.4304/risti.12.33-47&route=6> (Accessed: 23 September 2019).
- Corradini, F. et al. (2018) 'A formal approach to modeling and verification of business process collaborations', *Science of Computer Programming*. Elsevier, 166, pp. 35–70. doi: 10.1016/J.SCICO.2018.05.008.
- Dumas, M. et al. (2013) *Fundamentals of Business Process Management*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-642-33143-5.
- Emde, S. (2017) 'Scheduling the replenishment of just-in-time supermarkets in assembly plants.', *OR Spectrum*, 39(1), pp. 321–345. doi: 10.1007/s00291-016-0455-x.
- Geiger, M. et al. (2018) 'BPMN 2.0: The state of support and implementation', *Future Generation Computer Systems*. North-Holland, 80, pp. 250–262. doi: 10.1016/J.FUTURE.2017.01.006.
- Girardi Tegner, M. et al. (2016) 'Lean office e BPM: proposição e aplicação de método para a redução de desperdícios em áreas administrativas', *Revista Produção Online*. Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO, 16(3), pp. 1007–1032. doi: 10.14488/1676-1901.v16i3.2308.
- Jagusiak-Kocik, M. (2017) 'PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company - a case study', *Production Engineering Archives*, pp. 19–22. doi: bwmeta1.element.baztech-d32f115f-ABAC-4be1-a931-84a85bf48ab3.
- Jaramillo, S. and Richardson, T. (2016) *Agile Engagement: How to Drive Lasting Results by Cultivating a Flexible, Responsive, and Collaborative Culture*. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.
- Javadi, S., Shahbazi, S. and Jackson, M. (2013) 'Supporting production system development through the Obeya concept', in *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. Springer New York LLC, pp. 653–660. doi: 10.1007/978-3-642-40352-1_82.
- Kherbash, O. and Mocan, M. L. (2015) 'A Review of Logistics and Transport Sector as a Factor of Globalization', *Procedia Economics and Finance*, 27, pp. 42–47. doi: 10.1016/S2212-5671(15)00969-7.
- Lolli, F. et al. (2016) 'A simulative approach for evaluating alternative feeding scenarios in a kanban system', *International Journal of Production Research*, 54(14), pp. 4228–4239. doi: 10.1080/00207543.2015.1117675.
- Minh, Nguyen Dat ; Nguyen, Nguyen Danh ; Cuong, P. K. (2019) 'Applying lean tools and principles to reduce cost of waste management: an empirical research in Vietnam', *Management and Production Engineering Review*. Production Engineering Committee of the Polish Academy of Sciences, Polish Association for Production Management, 10(1), pp. 37–49. doi: 10.24425/mper.2019.128242.
- Minh, N. D., Nguyen, N. D. and Cuong, P. K. (2019) 'Applying lean tools and principles to reduce cost of waste management: An empirical research in Vietnam', *Management and Production Engineering Review*. Polish Academy of Sciences, 10(1), pp. 37–49. doi: 10.24425/mper.2019.128242.
- Mohanraj, K. and Kumar, R. (2019) 'A Study on Economic Benefits of ISO certification to Manufacturing Units', *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 9(2), pp. 75–82. doi: 10.24247/ijmperdapr20197.
- Perry, W. and Mehlretter, N. (2018) 'Applying Root Cause Analysis to Compressed Air: How to Solve Common Compressed Air System Problems with the 5-Whys', *Energy Engineering*, 115(4), pp. 56–62. doi: 10.1080/01998595.2018.12016673.
- Senderská, K., Mareš, A. and Václav, Š. (2017) 'Spaghetti diagram application for workers' movement analysis', *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*. Politechnica University of Bucharest, 79(1), pp. 139–150. doi: 14542358.
- Stajniak, M. and Koliński, A. (2016) 'The impact of transport processes standardization on supply chain efficiency', *LogForum*, 12(1), pp. 37–46. doi: 10.17270/J.LOG.2016.1.4.
- Stojkic, Z. et al. (2014) 'Application of Lean Tools and xRM Software Solutions in Order to Increase the Efficiency of Business Processes', *Procedia Engineering*, 69, pp. 41–48. doi: 10.1016/j.proeng.2014.02.201.
- Závodský, J. and Závadská, Z. (2014) 'Utilisation of business process models in managerial practice: An empirical study in Slovak companies certified to the ISO 9001 standard', *Total Quality Management and Business Excellence*, 25(3–4), pp. 319–337. doi: 10.1080/14783363.2013.791103.

UM ESTUDO SOBRE ANÁLISE, REPRESENTAÇÃO E DETECÇÃO DE INTENÇÕES DE CRIMINOSOS EM POSTAGENS EM MÍDIA SOCIAL

Ricardo Resende de Mendonça¹, Ferruccio de Franco Rosa² e Rodrigo Bonacin^{1,2}

¹UNIFACCAMP, Campo Limpo Paulista, SP, Brasil

²CTI Renato Archer, Campinas, SP, Brasil

RESUMO

As mídias sociais se transformaram em um instrumento de comunicação entre criminosos, para planejamento e execução de crimes, bem como para recrutar novos membros. Eles utilizam diferentes estratégias de comunicação, tais como linguagens cifradas e gírias restritas a grupos ou facções para burlar investigações. A pesquisa por ferramentas e técnicas para apoiar a atividade investigativa e o processo de prevenção de crimes são de extrema importância; particularmente, a análise e detecção de intenções relacionadas a crimes. Os aspectos tecnológicos, humanos e sociais relacionados a este problema, torna-o um campo rico de estudo, envolvendo a interação entre IHC (Interação Humano-Computador) com diversas áreas de pesquisa. Pesquisas ligadas às áreas de segurança de informação, linguística, aprendizagem de máquina e processamento de linguagem natural, têm contribuído para o avanço na análise e detecção de intenções em mídia social. Este artigo apresenta uma revisão *quasi*-sistemática da literatura sobre análise, representação e detecção de intenções de criminosos em postagens em mídia social. 27 estudos foram analisados de acordo com as abordagens utilizadas (ex.: técnicas de aprendizagem de máquina), bem como seus fundamentos em aspectos linguísticos, ontologias, semiótica e teoria dos atos da fala. Os resultados apontam avanços na solução do problema e questões de pesquisas em aberto para a área de IHC e relacionadas.

PALAVRAS-CHAVE

Crime, Redes Sociais, Sistemas Web, Linguagem, IHC, Segurança da Informação

1. INTRODUÇÃO

Crimes são planejados, relatados ou executados com o auxílio de redes sociais. O uso das redes sociais por criminosos visa a construção de comunidades virtuais, mobilização, treinamento online, disseminação de seus serviços ou ideais, recrutamento de novos integrantes, financiamento, etc. Criminosos se comunicam nas redes utilizando um linguajar próprio (cifrado) que visa a dificultar a compreensão por pessoas externas ao grupo. Uma avaliação de 119 crimes cometidos por criminosos que atuaram sozinhos demonstrou que 35% deles interagiram com comunidades criminosas online durante o planejamento do crime e 45% aprenderam técnicas para execução do crime em recursos online (Gill et al., 2017). A comunicação é restrita a determinadas pessoas, regiões e a um período de tempo (Mendonça *et al.*, 2019). Devido ao grande volume de dados não estruturados disponíveis nas redes sociais, analisar postagens de maneira automatizada é um desafio (Idrees, Alam, & Agarwal, 2018). A extração do conhecimento das redes sociais é prejudicada, pois os dados gerados pelos usuários muitas vezes são não estruturados e contém um alto grau de informalidade; textos informais estão muito presentes na comunicação diária entre os usuários (Wu, Morstatter, & Liu, 2018). A linguagem natural utilizada em redes sociais é curta e informal, o que por si só já representa um desafio computacional (Wu et al., 2018). A utilização de gírias incorpora uma complexidade ainda maior na elaboração de algoritmos computacionais eficientes. Um mapeamento das gírias faz-se necessário, uma vez que estas alteram o significado real das palavras com a intenção de ludibriar investigações. Neste contexto, este artigo tem como principal objetivo responder a seguinte questão de pesquisa: “Como avaliar e representar computacionalmente a intenção de criminosos em postagens escritas em linguagem natural com a utilização de gírias?”. Além de analisar e classificar os estudos de acordo com as abordagens técnicas empregadas, este artigo também discute os fundamentos em aspectos linguísticos, ontologias, semiótica

(Peirce, 1994) e teoria dos atos da fala (Austin, 1975) (Searle, 1969). Os principais objetivos desta revisão são: (i) identificar as técnicas e teorias utilizadas, os aspectos positivos e limitações dos estudos existentes; e (ii) apontar lacunas na literatura e desafios de pesquisa, atuais e futuros. O restante deste artigo está organizado da seguinte maneira: a Seção 2 apresenta outras revisões sobre temas relacionados à questão principal; a Seção 3 descreve a metodologia empregada para realizar a revisão e análise dos artigos; a Seção 4 detalha os resultados obtidos categorizados pelas técnicas utilizadas; e a Seção 5 apresenta uma discussão sobre os resultados obtidos e as conclusões.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Ao todo, 6 revisões sistemáticas foram identificadas no decorrer da análise dos estudos coletados. A Tabela 1 (Apêndice I) apresenta uma síntese dos trabalhos relacionados; os trabalhos foram enquadrados de acordo com seus objetivos e aplicações. Uma análise sintética desses trabalhos é apresentada a seguir.

Fortuna & Nunes (2018) apresentam uma revisão sobre a detecção automática de discursos de ódio em texto escritos em linguagem natural. Segundo os autores, houve um aumento de estudos nesta área, onde, 42,1% dos estudos realizados utilizaram a rede social Twitter, com predominância do idioma inglês. Observa-se também um aumento na utilização de técnicas de aprendizagem de máquina. A revisão não analisou fundamentos como os aspectos linguísticos, ontologias, semiótica e teoria dos atos da fala. Salawu, He, & Lumsden (2017) buscam elucidar quais técnicas computacionais são mais relevantes na detecção automática de *cyberbullying*, comportamento antissocial e assédio. O estudo evidenciou uma busca por aprimoramento nas técnicas para análise de textos em linguagem natural. A revisão destaca que determinar o estado emocional de uma vítima de *cyberbullying* é uma área de pesquisa ainda em aberto. A adoção de algoritmos de aprendizado supervisionado é a abordagem mais presente na área de detecção de *cyberbullying*. Os autores destacam que mesmo sendo revelado um alto número de pesquisas na área em questão, as redes sociais ainda fazem o uso de recursos que dependem da interação humana para gerar alertas de *cyberbullying*, especialmente nos aspectos relacionados a imagens e vídeos. O foco dos autores está nas técnicas computacionais e a revisão não abrangeu, por exemplo, o planejamento de crimes por meio da Internet (abordado neste artigo). Ravi & Ravi (2015) buscaram identificar avanços e tendências em análise de sentimentos e mineração de opiniões. SVM (*Support Vector Machine*) e abordagens baseadas em dicionários estão presentes em 56,14% dos estudos avaliados. A baixa utilização de ontologias foi identificada nos estudos avaliados. Segundo os autores, o uso de ontologias permitiu reduzir o problema de imprecisão na análise de sentimento. A revisão foca em análise de sentimentos e opiniões que podem, ou não, estar ligados a crimes; não abrangendo, portanto, estudos que focam aspectos especificamente relacionados a atividades criminosas. Kumar & Sachdeva (2019) buscam coletar, explorar e compreender a detecção de *cyberbullying*, bem como identificar lacunas. As redes sociais possuem características que tornam a detecção de atividades de *cyberbullying* computacionalmente difícil; dentre essas características se destaca o uso de gírias e a escrita informal. Segundo os autores, SVM é a técnica mais utilizada na análise e detecção de *cyberbullying*. Rosa et al. (2019) reforçam a tendência (39%) da utilização de SVM para detecção de *cyberbullying*. Os autores destacam o fraco desempenho na detecção automática de *cyberbullying*, devido à necessidade de aprimorar o pré-processamento. Omar, Fred, & Swaib (2018) visam elucidar a detecção de fraudes. As técnicas mais utilizadas foram Redes Neurais, Árvore de decisão e SVM. Os autores destacam que a ausência de padronização na utilização ou criação de *datasets* transforma a tarefa de validação e aprimoramento dos métodos uma tarefa complexa e por muitas vezes infactível.

A revisão apresentada neste artigo se diferencia das demais revisões nos seguintes aspectos: (1) o foco desta revisão está na análise, representação e detecção de intenções de criminosos em postagens em mídia social, enquanto as revisões existentes focam aspectos como a detecção de *cyberbullying* (mais frequente), análise de sentimento, discursos de ódio, fraudes, comportamento antissocial e assédio; (2) a maioria das revisões analisadas foca em aspectos técnicos, não abrangendo uma discussão mais ampla sobre fundamentos de aspectos linguísticos, ontologias, semiótica e teoria dos atos da fala; e, (3) os estudos não analisam como os estudos tratam o uso de linguagens cifradas por criminosos nas redes sociais.

3. METODOLOGIA DA REVISÃO

A revisão *quasi*-sistemática da literatura apresentada neste artigo teve como base metodológica o guia apresentado em (Kitchenham, 2004). Este estudo tem como principal objetivo responder a seguinte questão de pesquisa: “*Quais são as abordagens para avaliar e representar computacionalmente a intenção de criminosos em postagens escritas em linguagem natural com a utilização de gírias?*”. Uma pesquisa exploratória preliminar baseada na questão de pesquisa foi realizada com o objetivo de levantar insumos necessários à pesquisa, resultando na definição dos parâmetros da pesquisa, no período de abrangência da busca, nas bases científicas e palavras-chave a serem utilizadas, e na área de busca nos artigos. O período de busca (2014 a 2019) se deve ao fato de ser um tema relativamente recente, bem como se espera relatar os avanços nos últimos anos. A seguinte *string* de busca foi utilizada (adaptada a sintaxe de cada base): “(ontology OR thesaurus OR taxonomy OR vocabulary) AND (intention OR semiotics OR “speech acts”) AND (crime OR criminal)”. A execução da busca nas bases científicas considerou todos os artigos retornados, com exceção da base Google Scholar. Em função da abrangência desta base (indexadora de outras bases), foram considerados os 100 primeiros artigos por ordem de relevância. Assim, a busca inicial obteve um total de 1.876 artigos, sendo 289 artigos de Springer Link, 346 de IEEE Xplore, 763 de Science Direct, 378 de ACM Digital Library e 100 de Google Scholar. Os critérios de inclusão e exclusão foram definidos por três pesquisadores, sendo dois doutores e um especialista da área da computação, em um processo iterativo de leitura de artigos (na busca exploratória) e proposição de critérios até atingir consenso. Os critérios estão detalhados na Tabela 2 (Apêndice II). 24 artigos foram excluídos por duplicidade nos resultados das bases científicas. Os artigos remanescentes foram submetidos aos critérios de inclusão e exclusão. A primeira avaliação considerou o título, resumo e palavras-chave. Os 42 artigos categorizados como trabalhos com possibilidade de aderência ao tema da pesquisa foram avaliados em sua totalidade perante os critérios. Três pesquisadores analisaram os artigos selecionados e elaboraram a lista final em consenso após discussões. Durante essa avaliação, 8 estudos foram identificados como não aderentes e 6 trabalhos são revisões de literatura relacionadas ao tema e foram descritas na Seção 2.

4. RESULTADOS DA REVISÃO

Esta seção apresenta uma análise sintética dos 27 estudos selecionados. A Subseção 4.1 apresenta soluções baseadas em Dicionário Léxico e em ontologias para a análise de intenções, enquanto a subseção 4.2 apresenta soluções baseadas em aprendizagem de máquina. A Tabela 3 (Apêndice III) apresenta uma síntese dos trabalhos analisados.

4.1 Soluções Baseadas em Dicionário Léxico e em Ontologias

Teodorescu & Saharia (2015), Teh, Cheng, & Chee (2018) e Xiaomei, Jing, & Jianpei (2018) abordam o uso de dicionários léxicos, bem como suas limitações para avaliação de sentimentos. Teodorescu & Saharia, (2015) classificam cada palavra de forma manual e fazem uso de XML. Segundo os autores, uma gíria pode conter inúmeros significados, ou até mesmo a sua utilização pode ser completamente diferente em culturas distintas. Segundo Waseem, Thorne, & Bingel (2018), os trabalhos de análise de sentimentos não consideram adequadamente a influência de questões sociais, geográficas e culturais; tal fator prejudica sua eficácia. Segundo Teh et al. (2018), a utilização de um dicionário léxico não é suficiente para detectar a presença de discurso de ódio em textos escritos em linguagem natural, uma vez que a evolução do vocabulário deve ser considerada. O estudo propõe a categorização dos termos de ódio em 8 categorias distintas. Em (Xiaomei et al., 2018), utiliza-se um dicionário léxico que correlaciona uma palavra com um sentimento da roda de emoções de Plutchik. Após estabelecer essa correlação, *hashtags* são avaliadas para identificar a que evento se refere a postagem. Hagen et al. (2015) ontologias, técnicas linguísticas e avaliação de *emojicons* são usados para classificar o sentimento no momento da coleta dos registros. Uma primeira ontologia faz a distinção entre ataques, defesas, atacante e objetivo. O resultado desta fase é avaliado por um analisador de sentimentos que determina se o conteúdo é inofensivo ou uma ameaça. Segundo os autores, para domínios estáticos uma ontologia bem definida é suficiente. No entanto, para ambientes dinâmicos faz-se necessária uma constante atualização, com a possível mudança ou eliminação de conceitos já validados anteriormente.

4.2 Soluções Baseadas em Aprendizagem de Máquina e Mistas

Dentre os 27 estudos avaliados, 22 exploram técnicas de aprendizagem de máquina, como elemento central em propostas para identificação de intenções e sentimentos (ex.: ódio e depressão) em textos escritos em linguagem natural. As três principais técnicas de aprendizagem de máquina identificadas foram Redes Neurais, SVM e *Naive Bayes*; alguns desses estudos são considerados mistos, pois fazem uso de ontologias em conjunto com aprendizagem de máquina. A seguir apresenta-se uma síntese dos trabalhos.

García-Díaz et al. (2018) definem o processo de extração de sentimento como “*opinion mining*”, que consiste na utilização de processamento de linguagem natural e linguística computacional. O processo de mineração de dados se dá em 5 etapas, a saber: seleção, pré-processamento, transformação, mineração de dados e interpretação. No pré-processamento dos *tweets* os nomes dos usuários e citações a usuários foram convertidas para um identificador para garantir o anonimato. A quarta etapa é responsável por gerar a saída que deverá ser trabalhada por meio da técnica de *Naive Bayes*. Segundo os autores, o trabalho antes da utilização de aprendizagem de máquina permitiu uma melhora significativa nos resultados. Losada & Crestani (2016), propõem um processo de detecção de depressão em linguagem natural que consiste de quatro etapas, a saber: seleção da origem dos textos; extração dos dados; predição, que consiste na análise do histórico das mensagens de um determinado usuário na plataforma; e por fim, a classificação dos textos por meio do algoritmo de *Logistic Regression*.

Em (Anzovino, Fersini, & Rosso, 2018), busca-se a detecção de misoginia em mensagens postadas no Twitter. Uma categorização dos tipos de misoginia é proposta no estudo, utilizando aprendizagem de máquina e PLN (Processamento de Linguagem Natural) como estratégia para classificação dos *tweets* como misóginos. Waseem et al. (2018) usam técnicas de aprendizagem de máquina com múltiplas tarefas de processamento intermediárias visando o aprimoramento da assertividade. Assim como em (García-Díaz et al., 2018), esse processo também apresentou melhora nos resultados, porém, com perda de desempenho.

Agarwal & Sureka (2017) buscam detectar racismo em postagens na rede social Tumblr. Um dicionário léxico foi criado e inspecionado manualmente. Uma análise linguística foi realizada por meio de duas APIs (*Alchemy Document Sentiment* e *IBM Watson Tone Analyzer*). Cinco categorias de sentimentos foram propostas: alegria, medo, tristeza, raiva e desgosto. Um experimento fez uso de três técnicas de aprendizagem de máquina: *Random forest*, *Decision Tree* e *Naive Bayes*. Os resultados evidenciaram a superioridade da técnica de *Random Forest* em relação às outras. Um método baseado em *deep neural network*, combinando *Convolutional Neural Networks* (CNN) e *Gated Recurrent Networks* (GRN) é proposto em (Zhang, Robinson, & Tepper, 2018). Seu desempenho foi superior a SVM, SVM+ e CNN.

Vários fatores dificultam o reconhecimento de sarcasmo, tais como a falta de contexto, uso de gírias e o uso de perguntas retóricas. Em (Ghosh, Fabbri, & Muresan, 2018) busca-se analisar a detecção de sarcasmo em redes sociais e fóruns de discussão, por meio de SVM e de *Long Short-Term Memory* (LSTM); LSTM obteve melhores resultados do que SVM. Em Justo et al. (2014) busca-se identificar sarcasmo e maldade em comentários realizados em redes sociais. Para realizar a classificação, duas técnicas foram utilizadas (classificação baseada em regras e *Naive Bayes*). Apesar de inicialmente parecerem similares, sarcasmo e maldade são distintos na forma de detecção, uma vez que para a detecção de sarcasmo é necessário dominar a área de conhecimento e incluir características (ex.: contexto), para melhor avaliação. Considerando isso, os autores adicionaram outras técnicas para detecção de sarcasmo, a saber: categorias léxicas usando *n-Grams* e detecção de sentimento por meio da semântica.

Em (Appling, Briscoe, & Hutto, 2015), os autores indicam o uso de técnicas de linguística para detectar farsa em textos, além do uso de um modelo discriminatório. Uma das técnicas linguísticas utilizadas é a quantidade de palavras usadas em um determinado texto para afirmação de algo. A quantidade maior que a média daquele usuário indica a possibilidade de farsa. Esse tipo de técnica é prejudicado por depender do conhecimento prévio das postagens realizadas pelo usuário. Hu & Wang, (2016) propõem um modelo matemático para utilização em conjunto com *Naive Bayes*. Um comparativo alterando o algoritmo para *Decision Tree* evidencia a superioridade de *Naive Bayes*.

Segundo Dhouioui & Akaichi (2016), uma combinação de técnicas para aprimoramento da detecção de predadores sexuais faz-se necessária. Os autores propõem a utilização de mineração de textos para classificar conversas; essa classificação ocorre por meio de três dicionários léxicos e extração de características comportamentais. Foi feita uma comparação entre SVM e *Naive Bayes*, sendo que o primeiro apresentou superioridade de desempenho. Três dicionários léxicos foram desenvolvidos, a saber: (i) *Emoticons*; (ii) Contrações da língua inglesa; e (iii) Termos utilizados normalmente na comunicação via SMS.

Em (Barreira, Pinheiro, & Furtado, 2017) os autores propõem a utilização de *Semantic Role Labeling* (SRL) para análise forense de mensagens de textos extraídos de dispositivos móveis. Segundo os autores, a associação de técnicas linguísticas e aprendizagem de máquina apresenta melhor precisão do que quando as técnicas são utilizadas de maneira isolada. Levitan et al. (2015) visam a detecção de fraudes em discursos em vídeos. A transcrição do áudio é necessária para aplicação da técnica proposta, que faz uso de *Random Forest* e *Bagging*. Segundo os autores a adoção de um dicionário léxico permitirá um aprimoramento dos resultados.

Raisi & Huang (2017) buscam a detecção de *cyberbullying* por meio de técnicas de aprendizagem de máquina. Após determinar um par de usuários, é realizada uma análise de vários *tweets* desse par para determinar se existe a caracterização de *bullying*. Essa abordagem se torna restrita a ambientes em que se possui acesso ao histórico de mensagens trocadas entre os envolvidos. Pandey et al. (2019) categorizam intenções com base em técnicas de aprendizagem de máquina (*linear model of logistic regression* e CNN) apoiadas por recursos de semântica distribucional. Três categorias de intenções foram formuladas: acusação, confirmação e sensacionalismo.

Escalante et al. (2017) buscam detectar em postagens de redes sociais fraudes ou agressões, antes destas acontecerem. Segundo os autores, a maioria das soluções se aplica à detecção de eventos que já ocorreram. O trabalho recomenda a utilização de perfil e sub-perfil para auxiliar o processo de detecção. O perfil é definido por meio de dois vetores de mesma dimensão contendo palavras (*3-grams*) e suas classificações. A adoção de sub-perfis permite a avaliação de múltiplas classes, pois leva em consideração a diversidade de domínios. Na abordagem proposta, o processo de detecção ocorre por meio da análise de documentos já categorizados por meio de algoritmos de aprendizagem de máquina.

Mundra et al. (2017) propõem uma técnica baseada em redes neurais para classificação de expressões idiomáticas (presentes em *microblogs* como o Twitter). Em (Chen, Santoso, Lee, & Wang, 2016), os autores avaliaram a adoção de *Latent Dirichlet Allocation* e *Collaborative representation classifier*. Segundo os autores, um sistema de detecção de intenções de crimes deve utilizar mais de uma técnica de aprendizagem de máquina. Sharma & Sarma (2017) usam características dos sons emitidos na comunicação por voz para detecção de humor e dialeto do usuário. Parâmetros de Fourier são usados para apoiar a detecção e posteriormente a categorização de humor e dialeto. A técnica SVM foi utilizada na categorização. Os autores também avaliaram a adoção de RNN (*Recurrent Neural Network*) e DTDNN (*Distributed Time Delay Neural Network*), porém em nenhum dos cenários ocorreu superioridade a SVM.

Aghababaei & Makrehchi (2017) propõem um modelo preditivo que cruza dados públicos do FBI em alguns estados dos Estados Unidos com os *tweets* de usuários mais ativos e com contas registradas há mais tempo. O modelo faz o treinamento e as previsões de maneira automática. O objetivo principal do estudo é conseguir prever a ocorrência de crimes em uma determinada área em função das publicações do Twitter.

Park & Rayz (2019) usam técnicas de aprendizagem de máquina para criação de uma ontologia. Segundo os autores, o conhecimento semântico adquirido por meio do uso da ontologia permite uma melhor compreensão e categorização dos ataques de *phishing* (tentativa de obtenção de informação pessoalmente identificável). Suárez-Serrato et al. (2018) apresentam um estudo com o objetivo de compreender a diferença de comportamento e intenção de usuários e *socialbots* no Twitter. A extração de conhecimento foi realizada por meio da técnica de TF-IDF (*Term Frequency Inverse Document Frequency*); após a fase de extração, a análise de sentimento foi realizada por meio do software LabMT.

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Observa-se que a avaliação e representação de intenções dos usuários em textos escritos em linguagem natural é muito escassa. Contudo, foram identificadas técnicas e aperfeiçoamentos na área de categorização de emoções e sentimentos que abordam intenções indiretamente. As propostas avaliadas fazem uso de técnicas de processamento de linguagem natural (Anzovino et al., 2018), (Appling et al., 2015), (Barreira et al., 2017), (Hagen et al., 2015), (Hu & Wang, 2016), (Justo et al., 2014), (Lundquist, Zhang, & Ouksel, 2015), (Maynard, Bontcheva, & Augenstein, 2016), mineração de dados e análise da semântica (García-Díaz et al., 2018). Neste sentido, 9 estudos (Anzovino et al., 2018), (Appling et al., 2015), (Barreira et al., 2017), (García-Díaz et al., 2018), (Hagen et al., 2015), (Hu & Wang, 2016), (Justo et al., 2014), (Lundquist et al., 2015), (Maynard et al., 2016) apresentaram melhores índices de assertividade na categorização de sentimentos. Mesmo apresentando redução de desempenho, o benefício da adoção de técnicas

complementares sobre o custo computacional. Classificadores probabilísticos são comprovadamente confiáveis, porém, com forte dependência ao tamanho da base de treinamento (García-Díaz et al., 2018). A abordagem proposta apresenta ganhos na realização de pós-processamento, onde se obtém melhora na precisão dos classificadores aplicando conhecimento específico de domínio. Assim, esses classificadores não são adequados para análise de dados em tempo real, tornando a realização do pré-processamento uma tarefa imprescindível para obtenção de melhor precisão.

A adoção de múltiplas técnicas para detecção de intenções e sentimentos apresenta-se como uma prática promissora. Anzovino et al. (2018) obtiveram melhores resultados com a utilização de *Token N-Grams* em conjunto com SVM. Appling et al. (2015), destacam os benefícios da adoção de uma estratégia-múltipla (execução de PLN em conjunto com aprendizagem de máquina). A adoção de ontologias em conjunto com outras técnicas para análise de sentimentos ou intenções ainda se apresenta como uma área de estudo em aberto e requer contínuos esforços para seu avanço. Park & Rayz (2019) destacam que a utilização exclusiva de um dicionário léxico apresentou vulnerabilidades, pois essa característica não está presente quando ontologias são empregadas para análise da semântica em textos escritos em linguagem natural. Segundo Lundquist et al. (2015), a utilização de PLN em conjunto com ontologias apresentaram bons resultados, alcançando 86% de precisão.

Embora emoções e sentimentos estejam fortemente ligados a intenções, estudos com foco específico em intenções são raros, particularmente aqueles com fundamentação teórica consistente sobre o entendimento de intenções. Por exemplo, apenas um estudo (Hu & Wang, 2016) faz uso explicitamente da teoria dos atos da fala (Austin, 1975) como referencial teórico. A perspectiva em que as palavras são usadas para realizar coisas tem muito a contribuir, não só no processo de detecção, mas principalmente em estabelecer o que se deseja detectar. Por exemplo, ilocuções (atos de falar ou escrever que constituem ações) podem resultar em efeitos pragmáticos diferentes, dependendo da interpretação das intenções do falante. Assim, um modelo de classificação de ilocuções pode contribuir na definição do que se deseja detectar ao falarmos sobre “intenções dos usuários”, como, por exemplo, cometer crimes. Embora semiótica fosse uma palavra-chave da busca, não foram obtidos estudos que analisem postagens ligadas a intenções de cometer crimes. A semiótica nos fornece uma vasta base teórica e metodológica para entender o uso e interpretação de signos em sistemas computacionais (Andersen, 2001). Do ponto de vista da semiótica, as pessoas se comunicam por meio de múltiplas mídias compartilhando signos. Langford (1938) define a pragmática como um ramo de estudo que tenta entender a relação entre signos e pessoas, sendo fundamental para compreender a intenção do locutor. Nessa perspectiva, é importante entender como os signos influenciaram o processo de comunicação para detectar intenções de criminosos em postagens em redes sociais. A análise, representação e detecção de intenções de criminosos em postagens em mídia social carece de um arcabouço teórico e metodológico mais amplo. Este arcabouço envolve o estudo da interação do humano com (e mediado por) artefatos tecnológicos, os aspectos linguísticos e o comportamento do usuário, bem como técnicas avançadas de aprendizagem de máquina.

Este artigo apresentou uma revisão *quasi*-sistemática da literatura sobre a análise, representação e detecção de intenções de criminosos em postagens em mídia social. A abordagem empregada nesta revisão da literatura permitiu a verificação e análise de tendências, bem como abordagens tecnológicas adotadas ao longo dos últimos cinco anos. Este estudo se diferencia dos demais ao focar na análise e representação computacional sobre intenções criminais presentes em postagens em linguagem natural com a utilização de gírias e linguagem cifradas. Em um universo de 1852 artigos inicialmente recuperados, 27 trabalhos foram criteriosamente selecionados, classificados e sintetizados de modo a representar o estado-da-arte das abordagens para avaliar e representar computacionalmente a intenção de criminosos em postagens escritas em linguagem natural com a utilização de gírias. Foram apresentadas as técnicas e teorias utilizadas, os aspectos positivos e limitações dos estudos, bem como apontadas lacunas na literatura e desafios de pesquisa, atuais e futuros. Os estudos foram analisados e sintetizados de acordo com as abordagens e técnicas utilizadas, bem como seus fundamentos em aspectos linguísticos, ontologias, semiótica e teoria dos atos da fala. Observou-se que a avaliação e representação de intenções dos usuários em textos escritos em linguagem natural é muito escassa. Pesquisas multidisciplinares relacionadas à segurança de informação, linguística, aprendizagem de máquina e processamento de linguagem natural, também contribuem para o avanço na análise e detecção de intenções em mídias sociais. Os resultados apontam avanços na solução do problema e questões de pesquisas em aberto para a área de IHC (Interação Humano-Computador) e relacionadas.

Além de apresentar uma revisão de literatura abrangente sobre análise, representação e detecção de intenções de criminosos em postagens em mídia social, este trabalho também contribuiu para uma proposta de formalização conceitual de expressões criminais por meio de uma ontologia (Mendonça *et al.*, 2019).

REFERÊNCIAS

- Agarwal, S., & Sureka, A. (2017). But i did not mean it! - Intent classification of racist posts on tumblr. *Proceedings - 2016 European Intelligence and Security Informatics Conference, EISIC 2016*, 124–127. <https://doi.org/10.1109/EISIC.2016.032>
- Aghababaei, S., & Makrehchi, M. (2016). Mining Social Media Content for Crime Prediction. In *2016 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI)* (pp. 526–531). IEEE. <https://doi.org/10.1109/WI.2016.0089>
- Aghababaei, S., & Makrehchi, M. (2017). Mining Social Media Content for Crime Prediction. *Proceedings - 2016 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, WI 2016*, 526–531. <https://doi.org/10.1109/WI.2016.0089>
- Andersen, P. B. (2001). What Semiotics can and cannot do for HCI. *Knowledge-Based Systems*, 14(8), 419–424. [https://doi.org/10.1016/S0950-7051\(01\)00134-4](https://doi.org/10.1016/S0950-7051(01)00134-4)
- Anzovino, M., Fersini, E., & Rosso, P. (2018). Automatic Identification and Classification of Misogynistic Language on Twitter. In E. Métais, F. Meziane, M. Sarace, V. Sugumaran, & S. Vadera (Eds.) (Vol. 7934, pp. 57–64). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91947-8_6
- Appling, D. S., Briscoe, E. J., & Hutto, C. J. (2015). Discriminative Models for Predicting Deception Strategies. In *Proceedings of the 24th International Conference on World Wide Web - WWW '15 Companion* (pp. 947–952). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2740908.2742575>
- Austin, J. L. (1975). *How To Do Things With Words*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198245537.001.0001>
- Barreira, R., Pinheiro, V., & Furtado, V. (2017). A framework for digital forensics analysis based on semantic role labeling. In *2017 IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics: Security and Big Data, ISI 2017* (pp. 66–71). <https://doi.org/10.1109/ISI.2017.8004876>
- Chen, S. H., Santos, A., Lee, Y. S., & Wang, J. C. (2016). Latent dirichlet allocation based blog analysis for criminal intention detection system. In *Proceedings - International Carnahan Conference on Security Technology* (Vol. 2015-Janua, pp. 73–76). <https://doi.org/10.1109/CCST.2015.7389660>
- de Mendonça, R. R., de Franco Rosa, F., Theophilo Costa, A. C., Bonacin, R., & Jino, M. (2019). OntoCexp: A Proposal for Conceptual Formalization of Criminal Expressions. In *16th International Conference on Information Technology-New Generations (ITNG 2019)* (pp. 43–48). https://doi.org/10.1007/978-3-030-14070-0_7
- Dhouioui, Z., & Akaichi, J. (2016). Privacy Protection Protocol in Social Networks Based on Sexual Predators Detection. In *Proceedings of the International Conference on Internet of Things and Cloud Computing* (pp. 1–6). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2896387.2896448>
- Escalante, H. J., Villatoro-Tello, E., Garza, S. E., López-Monroy, A. P., Montes-y-Gómez, M., & Villaseñor-Pineda, L. (2017). Early detection of deception and aggressiveness using profile-based representations. *Expert Systems with Applications*, 89, 99–111. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.07.040>
- Fortuna, P., & Nunes, S. (2018). A Survey on Automatic Detection of Hate Speech in Text. *ACM Computing Surveys*, 51(4), 1–30. <https://doi.org/10.1145/3232676>
- García-Díaz, V., Espada, J. P., Crespo, R. G., Pelayo G-Bustelo, B. C., & Cueva Lovelle, J. M. (2018). An approach to improve the accuracy of probabilistic classifiers for decision support systems in sentiment analysis. *Applied Soft Computing Journal*, 67, 822–833. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.05.038>
- Ghosh, D., Fabbri, A. R., & Muresan, S. (2018). Sarcasm Analysis Using Conversation Context. *Computational Linguistics*, 44(4), 755–792. https://doi.org/10.1162/coli_a_00336
- Gill, P., Corner, E., Conway, M., Thornton, A., Bloom, M., & Horgan, J. (2017). Terrorist Use of the Internet by the Numbers: Quantifying Behaviors, Patterns, and Processes. *Criminology and Public Policy*, 16(1), 99–117. <https://doi.org/10.1111/1745-9133.12249>
- Hagen, L., Harrison, T. M., Uzuner, Ö., Fake, T., Lamanna, D., & Kotfila, C. (2015). Introducing textual analysis tools for policy informatics. In *Proceedings of the 16th Annual International Conference on Digital Government Research - dg.o '15* (pp. 10–19). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2757401.2757421>
- Hu, Y., & Wang, S. (2016). Research on Crime Degree of Internet Speech Based on Machine Learning and Dictionary. In *Proceedings - 2016 3rd International Conference on Information Science and Control Engineering, ICISCE 2016* (pp. 532–537). <https://doi.org/10.1109/ICISCE.2016.120>

- Idrees, S. M., Alam, M. A., & Agarwal, P. (2018). A study of big data and its challenges. *International Journal of Information Technology*. <https://doi.org/10.1007/s41870-018-0185-1>
- Justo, R., Corcoran, T., Lukin, S. M., Walker, M., & Torres, M. I. (2014). Extracting relevant knowledge for the detection of sarcasm and nastiness in the social web. *Knowledge-Based Systems*, 69(1), 124–133. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2014.05.021>
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, 33(TR/SE-0401), 28. <https://doi.org/10.1.1.122.3308>
- Kumar, A., & Sachdeva, N. (2019). Cyberbullying detection on social multimedia using soft computing techniques: a meta-analysis. *Multimedia Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-019-7234-z>
- Langford, C. H. (1938). Morris Charles W.. Foundations of the theory of signs. International encyclopedia of unified science, vol. 1, no. 2. The University of Chicago Press, Chicago 1938, vii + 59 pp. *The Journal of Symbolic Logic*, 3(04), 158. <https://doi.org/10.2307/2267781>
- Levitan, S. I., An, G., Wang, M., Mendels, G., Hirschberg, J., Levine, M., & Rosenberg, A. (2015). Cross-Cultural Production and Detection of Deception from Speech. In *Proceedings of the 2015 ACM on Workshop on Multimodal Deception Detection* (pp. 1–8). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2823465.2823468>
- Losada, D. E., & Crestani, F. (2016). A Test Collection for Research on Depression and Language Use. In N. Fuhr, P. Quaresma, T. Gonçalves, B. Larsen, K. Balog, C. Macdonald, ... N. Ferro (Eds.) (Vol. 9822, pp. 28–39). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44564-9_3
- Lundquist, D., Zhang, K., & Ouksel, A. (2015). Ontology-driven cyber-security threat assessment based on sentiment analysis of network activity data. *Proceedings - 2014 International Conference on Cloud and Autonomic Computing, ICCAC 2014*, 5–14. <https://doi.org/10.1109/ICAC.2014.42>
- Maynard, D., Bontcheva, K., & Augenstein, I. (2016). *Natural Language Processing for the Semantic Web. Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology* (Vol. 6). Morgan & Claypool. <https://doi.org/10.2200/s00741ed1v01y201611wbe015>
- Mundra, S., Mannarswamy, S., Sinha, M., & Sen, A. (2017). Embedding Learning of Figurative Phrases for Emotion Classification in Micro-Blog Texts. In *Proceedings of the Fourth ACM IKDD Conferences on Data Sciences* (pp. 1–9). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/3041823.3041828>
- Omar, S. J., Fred, K., & Swaib, K. K. (2018). A state-of-the-art review of machine learning techniques for fraud detection research. In *Proceedings of the 2018 International Conference on Software Engineering in Africa* (pp. 11–19). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/3195528.3195534>
- Pandey, R., Purohit, H., Stabile, B., & Grant, A. (2018). Distributional Semantics Approach to Detect Intent in Twitter Conversations on Sexual Assaults. In *2018 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI)* (pp. 270–277). IEEE. <https://doi.org/10.1109/WI.2018.00-80>
- Pandey, R., Purohit, H., Stabile, B., & Grant, A. (2019). Distributional Semantics Approach to Detect Intent in Twitter Conversations on Sexual Assaults. *Proceedings - 2018 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, WI 2018*, 270–277. <https://doi.org/10.1109/WI.2018.00-80>
- Park, G., & Rayz, J. (2019). Ontological Detection of Phishing Emails. *Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2018*, 2858–2863. <https://doi.org/10.1109/SMC.2018.00486>
- Peirce, C. S. (1994). *The Collected Papers of Charles S. Peirce*, 1597.
- Raisi, E., & Huang, B. (2017). Cyberbullying Detection with Weakly Supervised Machine Learning. In *Proceedings of the 2017 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining 2017* (pp. 409–416). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/3110025.3110049>
- Ravi, K., & Ravi, V. (2015). A survey on opinion mining and sentiment analysis: Tasks, approaches and applications. *Knowledge-Based Systems*, 89, 14–46. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2015.06.015>
- Rosa, H., Pereira, N., Ribeiro, R., Ferreira, P. C., Carvalho, J. P., Oliveira, S., ... Trancoso, I. (2019). Automatic cyberbullying detection: A systematic review. *Computers in Human Behavior*, 93, 333–345. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.12.021>
- Salawu, S., He, Y., & Lumsden, J. (2017). Approaches to Automated Detection of Cyberbullying: A Survey. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 1. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2017.2761757>
- Searle, J. R. (1969). *Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language*. Cambridge: Univ. Press. Retrieved from <http://www.amazon.de/Speech-Acts-Essay-Philosophy-Language/dp/052109626X>
- Sharma, M., & Sarma, K. K. (2017). Learning aided mood and dialect recognition using telephonic speech. *2016 International Conference on Accessibility to Digital World, ICADW 2016 - Proceedings*, 163–167. <https://doi.org/10.1109/ICADW.2016.7942534>
- Suárez-Serrato, P., Velázquez Richards, E. I., & Yazdani, M. (2018). Socialbots Supporting Human Rights. In *Proceedings of the 2018 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society - AIES '18* (pp. 290–296). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/3278721.3278734>

- Teh, P. L., Cheng, C.-B., & Chee, W. M. (2018). Identifying and Categorising Profane Words in Hate Speech. In *Proceedings of the 2Nd International Conference on Compute and Data Analysis* (pp. 65–69). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/3193077.3193078>
- Teodorescu, H. N., & Saharia, N. (2015). An internet slang annotated dictionary and its use in assessing message attitude and sentiments. In *2015 International Conference on Speech Technology and Human-Computer Dialogue, SpED 2015* (pp. 1–8). <https://doi.org/10.1109/SPED.2015.7343084>
- Waseem, Z., Thorne, J., & Bingel, J. (2018). Bridging the Gaps: Multi Task Learning for Domain Transfer of Hate Speech Detection. In J. Golbeck (Ed.), *Online {Harassment}* (pp. 29–55). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-78583-7_3
- Wu, L., Morstatter, F., & Liu, H. (2018). SlangSD: building, expanding and using a sentiment dictionary of slang words for short-text sentiment classification. *Language Resources and Evaluation*, 52(3), 839–852. <https://doi.org/10.1007/s10579-018-9416-0>
- Xiaomei, Z., Jing, Y., & Jianpei, Z. (2018). Sentiment-based and hashtag-based Chinese online bursty event detection. *Multimedia Tools and Applications*, 77(16), 21725–21750. <https://doi.org/10.1007/s11042-017-5531-y>
- Zhang, Z., Robinson, D., & Tepper, J. (2018). Detecting Hate Speech on Twitter Using a Convolution-GRU Based Deep Neural Network. In *Advances in Information Technologies for Electromagnetics* (Vol. 1, pp. 745–760). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93417-4_48

APÊNDICE I

Tabela 1. Síntese dos Trabalhos Relacionados

Referência	Objetivo			Aplicação							
	A	R	D	1	2	3	4	5	6	7	8
(Ravi & Ravi, 2015)	X					X	X				X
(Salawu et al., 2017)			X		X						
(Fortuna & Nunes, 2018)		X	X								X
(Omar et al., 2018)		X							X	X	
(Kumar & Sachdeva, 2019)		X			X						X
(Rosa et al., 2019)		X			X					X	
<i>Este Estudo</i>	X	X	X					X	X	X	X

Legenda: *Objetivos:* (A) Análise; (R) Representação/Formalização; e (D) Detecção. *Aplicações:* (1) Discurso de Ódio; (2) *Cyberbullying*; (3) Mineração de Opiniões; (4) Sentimentos; (5) Intenções; (6) Fraudes e Crimes; (7) Aprendizado de Máquina; e (8) Mídias Sociais.

APÊNDICE II

Tabela 2. Critérios de inclusão e exclusão de artigos

Tipo	Sigla	Critério
Inclusão	I1	Pesquisas sobre análise de intenções em linguagem natural em redes sociais.
	I2	Pesquisas sobre análise de linguagens cifradas (ex.: gírias).
	I3	Estudos que utilizam a teoria dos atos de fala ou semiótica para análise de linguagens cifradas.
	I4	Estudos que utilizam ontologias para representação do conhecimento sobre atos criminosos.
Exclusão	E1	Artigos escritos em idiomas diferentes do Inglês e do Português.
	E2	Artigos que não estejam relacionados com análise de intenção ou emoção e pelo menos um dos seguintes temas: análise de linguagem cifrada, teoria dos atos da fala, ontologias, e semiótica.
	E3	Artigos que não sejam da área de computação ou multidisciplinar com computação.
	E4	Textos que não sejam publicações científicas.
	E5	Resumos com menos de 4 páginas e que não tenham profundidade ou resultados relevantes.
	E6	Revisões sistemáticas e Livros.

APÊNDICE III

Tabela 3. Síntese dos trabalhos analisados

Autores	Objetivos				Aplicações									
	A	R	D	P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(Justo et al., 2014)			X						X			X		
(Teodorescu & Saharia, 2015)		X						X					X	
(Levitan et al., 2015)			X					X						
(Appling et al., 2015)				X				X						
(Hagen et al., 2015)	X									X				
(Lundquist et al., 2015)		X						X						X
(Losada & Crestani, 2016)		X						X						
(Chen et al., 2016)	X		X						X					
(Dhouioui & Akaichi, 2016)			X							X		X		
(Hu & Wang, 2016)	X									X	X			
(Barreira et al., 2017)	X													X
(Agarwal & Sureka, 2017)	X								X	X		X		
(Raisi & Huang, 2017)			X			X					X			
(Escalante et al., 2017)			X					X						
(Mundra et al., 2017)	X							X				X		
(Sharma & Sarma, 2017)			X					X					X	
(Aghababaei & Makrehchi, 2016)				X						X		X		
(García-Díaz et al., 2018)	X							X			X			
(Anzovino et al., 2018)			X							X		X	X	
(Waseem et al., 2018)			X		X									
(Zhang et al., 2018)			X		X						X	X		
(Teh et al., 2018)			X		X									
(Ghosh et al., 2018)	X								X					X
(Xiaomei et al., 2018)			X					X						X
(Suárez-Serrato et al., 2018)		X							X			X		
(Pandey, Purohit, Stabile, & Grant, 2018)			X						X	X		X		X
(Park & Rayz, 2019)			X						X	X		X		X

Legenda: *Objetivos:* (A) Análise; (R) Representação/Formalização; (D) Detecção; e (P) Predição. *Aplicações:* (1) Discurso de Ódio; (2) *Cyberbullying*; (3) Mineração de Opiniões; (4) Sentimentos; (5) Intenções; (6) Fraudes e Crimes; (7) Aprendizado de Máquina; (8) Mídias Sociais; (9) Linguagem Cifrada ou Criminal; e (10) Semântica.

UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA EXPLORATÓRIA SOBRE AFFORDANCES E NORMAS SOCIAIS

Alysson Bolognesi Prado

Universidade Estadual de Campinas-Unicamp-Brasil

RESUMO

Com o enriquecimento tecnológico de nossa vida cotidiana, a sociomaterialidade de nossas relações se torna cada vez mais evidente. Neste artigo, realizamos uma revisão bibliográfica em busca de fontes teóricas de dois conceitos que nos capacitam a entender como pessoas interagem com objetos no ambiente ao seu redor e com outras pessoas: *affordances* e normas sociais. Partindo da hipótese que uma visão convergente destes dois conceitos pode ser relevante para abordar problemas contemporâneos da Interação Humano-Computador, o objetivo deste trabalho é trazer um resumo de suas definições e discutir suas convergências e lacunas. Esperamos ter contribuído com uma fonte concisa e simplificada, em língua portuguesa, de referenciais teóricos relevantes para dois dos conceitos mais importantes para pesquisa em IHC e design de aplicações e dispositivos com viés social. Acrescentamos ao estudo resultados relacionados vindos de outras áreas do conhecimento, como neurociência e sociologia. Concluímos que tanto pessoas como objetos podem ser igualmente fontes de influência na disposição para ação de pessoas, e este conceito geral pode ser melhor explorado.

PALAVRAS-CHAVE

Revisão Bibliográfica, *Affordances*, Normas Sociais, Artefatos Digitais, Computação Social, Interação Humano-Computador

1. INTRODUÇÃO

A interação humano-computador ultrapassou os limites do computador enquanto ferramenta em si, provendo objetos computacionalmente melhorados – *computationally enhanced devices* (Dourish, 2004) – bem como a agentes com variados graus de autonomia para ambiente de trabalho – *co-bots* (Brooks, 1991) – e fora dele (Birbaum *et al.*, 2016). Para entender como pessoas interagem com o ambiente ao seu redor e com outras pessoas, dois conceitos teóricos são comumente utilizados: *affordances* e normas, respectivamente. Entretanto, as diversas fontes teóricas disponíveis para cada um os abordam de maneiras diferentes, propondo definições que podem não ser totalmente convergentes (Kaptelinin e Nardi, 2012).

Neste artigo, realizamos uma revisão bibliográfica em busca das fontes conceituais mais usadas em pesquisa de Interação Humano-Computador (IHC), bem como de propostas alternativas relevantes. Consideramos esta revisão como exploratória, pois não desejamos que ela seja exaustiva, varrendo todo o conjunto de publicações encontrados, ou que siga algum método formal de revisão bibliográfica. Também não estamos interessados propriamente nas publicações encontradas, mas sim nas referências bibliográficas utilizadas, de modo a localizarmos fontes teóricas mais usadas pelos trabalhos que abordam nossos temas de interesse – *affordances* e normas. O objetivo deste trabalho é iniciar um arcabouço teórico para que, em trabalhos futuros, seja possível responder à questão: como equipar ontologicamente designers e projetistas em um mundo em que a fronteira da relação entre pessoas e dispositivos se torna cada vez mais tênue?

Na próxima seção, apresentaremos o método adotado para localização, seleção e classificação dos textos analisados. Na Seção 3, serão elencados os artigos mais citados sobre *affordances* e sobre normas, juntamente com um breve resumo das definições propostas ou adotadas; também nesta seção serão mostrados os textos que se encaixam nas duas buscas. Na seção seguinte, mostramos algumas pesquisas recentes de outras áreas que enriquecem a discussão sobre o tema, localizadas independentemente da revisão bibliográfica. A Seção 5 traz a discussão dos resultados obtidos, suas limitações e possibilidades futuras. O artigo se encerra com os comentários finais da Seção 6.

2. MÉTODO

Esta pesquisa foi realizada nas seguintes etapas: iniciou-se com buscas na biblioteca digital da ACM para as palavras-chave “affordances” e “norms”, cujos resultados foram inseridos em um software de apoio para o processo de revisão (conjunto bibliográfico inicial I). Trata-se do software Quid (www.quid.net.br) que organiza conjuntos bibliográficos, permitindo registrar os autores, referências citadas, autores destas referências etc., dados que podem ser posteriormente exportados para análise, cruzamentos, filtros e totalizações em outros softwares de planilha eletrônica, por exemplo.

O Quid buscou-se então, de forma automatizada, as referências bibliográficas dos artigos encontrados nas buscas, gerando o conjunto bibliográfico derivado (D). Esta lista de referências, em ordem decrescente do número de referências, foi inspecionada manualmente, em busca de fontes relevantes para os conceitos de interesse (conjunto selecionado S). As publicações que contribuíssem conceitualmente foram selecionadas para leitura detalhada e discussão. A seleção dos textos para análise está esquematizada na Figura 1.

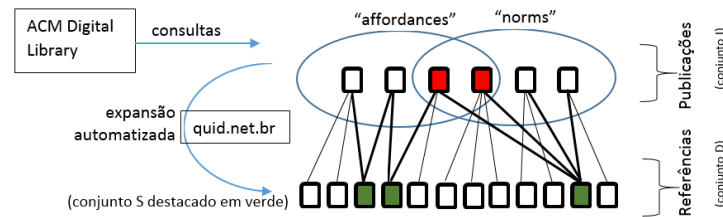


Figura 1. Seleção dos textos para análise. As referências destacadas em verde são tratadas nas Seções 3.1 e 3.2 (conjunto S), enquanto que as publicações marcadas em vermelho são apresentadas na Seção 3.3. Fonte: autor

A busca foi feita em 21/03/2019. Utilizou-se apenas a biblioteca digital da ACM, porque os seus resultados são os que mais facilmente alimentam a ferramenta usada nas etapas seguintes. Ambos os conjuntos de dados podem ser consultados em <http://www.quid.net.br/quid/View.jsf?id=1626558> e <http://www.quid.net.br/quid/View.jsf?id=1609550>. Buscas adicionais em outras bases bibliográficas, pelas mesmas palavras-chave, geraram a Seção 4.

3. RESULTADOS

Nesta seção mostramos dados gerais dos levantamentos bibliográficos, bem como a lista detalhada dos artigos escolhidos para discussão. Na Figura 2 a seguir, estão quantificados os artigos encontrados em cada busca.

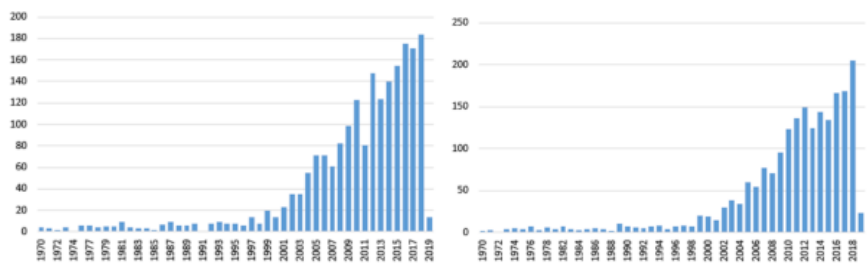


Figura 2. Quantidade por ano de publicação de artigos encontrados na Biblioteca Digital da ACM na busca por “affordance” (à esquerda) e “norm” (à direita). Fonte: autor

3.1 *Affordances*

Foram encontrados 1743 artigos (I_A), cuja distribuição por ano de publicação é mostrada na Figura 2 (esquerda). As dez conferências ou periódicos em que foram encontrados com mais frequência são listados na Tabela 1. A partir deste conjunto, foram localizadas 22482 referências distintas (D_A), 2757 delas sendo citadas por mais de um artigo do conjunto inicial. Os dez artigos mais citados (S_A) são mostrados na Tabela 2

a seguir. Alguns resultados são mais caracterizáveis como fontes teóricas enquanto outros trazem mais aplicações dos conceitos. Serão apresentados a seguir, na ordem do de maior contribuição teórica até os mais voltados para aplicação. Os textos (A5, A6, A7 e A9) não fornecem definições para *affordances* e não serão descritos.

Tabela 1. As 10 conferências ou periódicos mais encontrados na busca por *affordances*. Fonte: autor

Sigla	Qtd	%	Nome do periódico/conferência
CHI	151	9%	ACM <i>CHI Conference on Human Factors in Computing Systems</i>
CHI EA	146	8%	CHI Extended Abstracts
TEI	51	3%	International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction
CSCW	50	3%	ACM <i>Conference on Computer-Supported Cooperative Work and Social Computing</i>
IDC	43	2%	ACM Interaction Design and Children conference
SIG GRAPH	42	2%	ACM SIGGRAPH annual conference on computer graphics
UIST	36	2%	ACM <i>Symposium on User Interface Software and Technology</i>
WSC	35	2%	Winter Simulation Conference
DIS	32	2%	ACM <i>conference on Designing Interactive Systems</i>
Mobile HCI	32	2%	International <i>Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services</i>

Tabela 2. Referências mais usadas entre artigos sobre *affordances*. Fonte: autor

ID	Referência	n. cit.
A1	Ishii and Ullmer. 1997. "Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms"	42
A2	Norman. 1999. "Affordance, conventions, and design".	38
A3	Gaver 1991. "Technology affordances".	34
A4	Dourish, 2004. "Where the action is: the foundations of embodied interaction".	24
A5	Scott, Sheelagh and Inkpen, 2004. "Territoriality in collaborative tabletop workspaces."	16
A6	Papert, "Mindstorms: children, computers, and powerful ideas".	16
A7	Salen, Zimmerman, 2003. "Rules of Play: Game Design Fundamentals"	16
A8	Gibson (1979). "The ecological approach to visual perception".	14
A9	Suchman, "Plans and situated actions: the problem of human-machine communication"	14
A10	Fitzmaurice, Ishii, and Buxton. 1995. "Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces"	14

O conceito de *affordance* foi proposto inicialmente por Gibson (A8) como parte de um estudo psicológico sobre a percepção do ambiente por pessoas e animais usando uma abordagem ecológica. Para ele, *affordances* são tudo aquilo que o ambiente oferece ao animal como **possibilidade de ação**, estabelecendo relações que dependem das características físicas do ambiente e das capacidades do animal. Sua existência independe de serem percebidas de forma consciente, ou das intenções do sujeito. A partir da proposta de Gibson, Gaver (A3) apresenta uma visão mais voltada para a tecnologia, discutindo como ações complexas podem ser desempenhadas de forma sequencial ou aninhada de interações mais simples. Gaver se apoia em um trabalho anterior de Norman (Norman, 1988) voltado ao design de objetos, mas sem muita ênfase. Sua principal contribuição foi mostrar, à época, que a ideia de *affordances* poderia ser aplicada ao design de interfaces de sistemas computacionais para torná-las mais fáceis de aprender e usar. Por exemplo, o desenho de um botão com sensação de relevo na tela indicaria às pessoas que ali pode ser clicado.

O texto localizado de Norman (A2) propôs uma aplicação do conceito para o design de objetos em geral, e posteriormente para a interface sistemas computacionais. No artigo citado, ele traz um histórico de como o termo foi aplicado inicialmente para entender como pessoas podem interagir com objetos e aprender a operar dispositivos pela primeira vez, sem conhecimento anterior: a aparência do objeto proporcionaria dicas sobre as possibilidades de interação (Norman, 1988). Posteriormente, chamou de "*affordances percebidas*" as possibilidades de interação que o usuário de um objeto percebe como possíveis, independentemente de elas existirem de fato, podendo também existirem sem ser percebidas. Por exemplo: para Norman, o usuário pode clicar em qualquer lugar de uma tela de computador, mas somente em regiões que proveem algum tipo de

feedback o usuário perceberá que esta ação é **significativa** – como em *widgets* de botões, que além de relevo, têm o efeito de “abaixar” ou “serem acionados” quando clicados. Mais recentemente, Dourish (A4) volta a direcionar o interesse para objetos em geral e sua interação com pessoas, sem um foco específico em interfaces de usuário, mas sim nas possibilidades que sistemas interativos acrescentam às nossas atividades cotidianas. Não é apresentada nenhuma nova definição para *affordance*, apoiando sua discussão nas propostas anteriores de Gibson, Gaver e Norman. Contudo, reforça o conceito de que uma *affordance* é uma relação ternária entre um organismo, o seu ambiente, e a possibilidade de uma ação em particular.

Os artigos de Ishii *et al.* (A1) e de Fitzmaurice *et al.* (A10) evidenciam a aplicação de *affordances* na compreensão da interação com objetos físicos e sua utilidade para o desenvolvimento de interfaces tangíveis. Na visão de Ishii e seus coautores, a adoção de objetos físicos para interação enriquece as *affordances* dos sistemas construídos, ao permitir ao usuário utilizar uma maior variedade de sentidos, sensações e habilidades físico-motoras do que seria possível em um display gráfico.

3.2 Normas Sociais

Foram encontrados 1504 artigos (I_N), cuja distribuição por ano de publicação é mostrada na Figura 2 (direita). As dez conferências ou periódicos em que foram encontrados com mais frequência são listados na Tabela 3. A partir deste conjunto, foram localizadas 10481 referências distintas (D_N), 648 delas sendo citadas por mais de um artigo do conjunto inicial. Muitos destes artigos e referências usam “norma” no sentido matemático do termo – função de distância ou comprimento – e foram descartados na composição de S_N . Os dez artigos mais citados (incluindo um total de 16 artigos devido ao empate no número de citações) são mostrados na Tabela 4 a seguir. Podemos agrupá-los por tema: teoria de normas (N8, N11, N13, N4, N10), sistemas multi-agentes (N4, N8 e N10), privacidade online (N1, N7), design (N12, N14, N15). As referências N2, N3, N5, N6, N9 e N16 não abordam formalmente o conceito de norma e não serão descritas.

Tabela 3. As 10 conferências ou periódicos mais encontrados na busca por normas. Fonte: autor

Sigla	Qtd.	%	Nome do periódico/conferência
AAMAS	169	11%	International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems
Mach. Learn. Res.	117	8%	Journal of Machine Learning Research
SODA	64	4%	ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms
CHI	62	4%	ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems
CSCW	62	4%	ACM Conf. on Computer-Supported Cooperative Work and Social Computing
STOC	61	4%	ACM Symposium on Theory of Computing
ICAIL	57	4%	International Conference on Artificial Intelligence and Law
CHI EA	41	3%	CHI Extended Abstracts
KDD	39	3%	Conference on Knowledge Discovery and Data Mining
WI-IAT	32	2%	Int. Conf. on Web Intelligence, and the Int. Conf. on Intelligent Agent Technology

Tabela 4. Referências mais usadas entre artigos sobre normas. Fonte: autor

ID	Referência	n. cit.
N1	Nissenbaum, 2009. “Privacy in context: Technology, policy, and the integrity of social life”.	7
N2	Davis, 1989. "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology."	6
N3	Winograd and Flores, 1987. “Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design”	6
N4	Vasconcelos, Kollingbaum and Norman, 2009. "Normative conflict resolution in multi-agent systems."	5
N5	Braun and Clarke, 2006. "Using thematic analysis in psychology."	5
N6	Davis and Warshaw, 1989. "User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models."	5
N7	Palen and Dourish, 2003. "Unpacking privacy for a networked world."	5
N8	Sen and Airiau, 2007. "Emergence of norms through social learning."	4
N9	Butler, 1990. “Gender trouble: feminism and the subversion of identity”.	4

N10	Artikis, Pitt, and Sergot, 2002. "Animated specifications of computational societies."	4
N11	Jones and Sergot, 1996. "A formal characterisation of institutionalised power."	4
N12	Sengers, Boehner, David and Kaye. 2005. "Reflective design."	4
N13	Shoham and Tennenholtz, 1997. "On the emergence of social conventions: modeling, analysis, and simulations."	4
N14	Fogg, 2002. "Persuasive technology: using computers to change what we think and do."	4
N15	Consolvo, Everitt, Smith and Landay, 2006. "Design requirements for technologies that encourage physical activity".	4
N16	Marwick and Boyd, 2011. "I tweet honestly, I tweet passionately: Twitter users, context collapse, and the imagined audience."	4

Os textos de Sendip de Airiau (N8) e o de Shoham e Tenneholtz (N13) propõem hipóteses para os mecanismos de surgimento de normas em uma sociedade, ambos com apoio de teoria dos jogos e simulações computacionais. A definição de norma dada por Sendip em N8 é a de uma **opção de comportamento** dos indivíduos de uma sociedade visando aumentar os benefícios obtidos durante interações entre eles. Segundo os autores, normas evoluem de baixo para cima (*bottom-up*) a partir de **expectativas** de comportamento criadas na interação com outros indivíduos. O texto N8 baseia-se no referencial teórico de Lewis (Lewis, 1969) e utiliza uma simulação com agentes computacionais, onde nenhum agente tem conhecimento sobre os estados internos dos demais, e todo conhecimento e decisões dependem de informação obtida durante as interações. Também Shoham e Tenneholtz (N13) visam entender a emergência de normas pela **maximização de recompensas** acumuladas ao longo de interações. Definem uma lei social, que é uma restrição imposta por uma **autoridade central** nas possibilidades de ação disponíveis aos agentes.

O artigo de Artkis *et al.* (N10) analisa aspectos institucionais e sociais de sistemas computacionais abertos, como *e-markets* e protocolos de gerenciamento de direitos autorais de mídia. Normas são tratadas como **obrigações, proibições e permissões** promovidas por meio de sanções. Traz a definição de Searle (1965) de fatos brutos e institucionais; por exemplo, uma pessoa estar segurando fisicamente um objeto é um fato bruto, enquanto que o reconhecimento da posse do objeto é um fato institucional, circunscrito à instituição ou sociedade em que é analisado. Por fim, apresentam uma ferramenta para modelar normas e simular a interação de software com sujeitos que podem ou não segui-las; permitindo aos projetistas decidirem se é desejável ou não implantar tais sistemas, a fim de antecipar possíveis novos comportamentos indesejados, seja do tipo mais individualistas ou exageradamente competitivos.

Jones e Sergot (N11) trazem uma discussão que liga as normas de uma instituição ao **poder** de seus agentes, definindo conceitos como poder institucionalizado, poder legal, permissão, possibilidade prática, autorização e delegação: ter permissão para fazer algo é diferente de ter o poder de fazê-lo, se a instituição não proporcionar na prática a **possibilidade de desempenhar as ações** requeridas. Vasconcelos *et al.* (N4) também definem norma como permissões, proibições e obrigações, de modo que agentes vão perseguir suas obrigações, evitando proibições e tirando proveito de suas permissões. Neste artigo, os autores apresentam uma representação formal de normas, contendo a identificação de uma ação, um agente, um papel e um instante no tempo. Discutem como normas interagem podendo gerar conflitos, onde um mesmo agente pode ser ao mesmo tempo obrigado e proibido de desempenhar uma ação, porém sujeitos que violam uma norma estão sujeitos a **sanções**; são apresentadas estratégias para sua solução. Pressão e suporte sociais são também tratados pelo artigo de Consolvo *et al.* (N15).

O livro de Nissenbaum (N1) estuda privacidade em meios digitais, propondo um baseado no contexto social governado por normas específicas e que governa as atividades das pessoas, o fluxo de informações, e os papéis desempenhados. Ainda tratando de privacidade, Palen e Dourish mostram em N7 como um processo dinâmico e dialético, com a fronteira entre público e privado sendo constantemente renegociado de acordo com as circunstâncias. Recorda que nossas formas mais familiares de gerenciar a privacidade dependem fundamentalmente de **características físicas** do ambiente – como nossa incapacidade de enxergar através de portas fechadas – e **normas comportamentais** sobre manutenção do espaço interpessoal e respeito por propriedade alheia, por exemplo. Em contextos digitais, entretanto, muitas destas restrições não estão disponíveis. Sengers *et al.* (N12) lembram que decisões de **design**, tomadas **consciente ou inconscientemente**, moldam as experiências diárias das pessoas. Chama atenção para a responsabilidade do designer em relação ao impacto de seus produtos, ao mesmo tempo em que lembra que o usuário não é um receptor passivo de tecnologia, mas sim um sujeito ativo que é capaz de fugir às normas de comportamento socialmente estabelecidas e propor novas finalidades para os artefatos construídos.

Fogg (N14), em seu livro sobre design persuasivo, traz um capítulo dedicado a “computadores como atores sociais”. O autor afirma que não apenas pessoas reagem a computadores como se estes fossem seres vivos, mas como se fossem parte de um **mesmo grupo social**. Estas reações podem ser obtidas por meios físicos, psicológicos, pela linguagem, pela dinâmica social ou por papéis definidos em um grupo. Um computador enquanto ator social pode moldar o comportamento de pessoas, por exemplo, provendo recompensas para usuários que se comportam de uma maneira desejada, demonstrando “traços de personalidade”, ou assumindo um papel de autoridade.

3.3 Trabalhos Relacionados a Ambos os Conceitos

Treze publicações pertencem à intersecção entre ambas as buscas ($I_I = I_A \cap I_N$). Duas foram descartadas pois as palavras da busca apenas aparecem no *abstract*, sem utilizar de fato os conceitos. Um terceiro foi descartado por ser um *short paper* com pouco conteúdo, o que inviabilizou sua análise; restou assim um conjunto D_I com 10 textos. Diferentemente do procedimento adotado nas seções anteriores, aqui analisaremos os próprios artigos encontrados (D_I), e não suas referências (S_I), já que poucas referências se repetem – em particular, A3. Este conjunto é mostrado integralmente na Tabela 5 e foi agrupado por temas: redes sociais (I5, I6, I7, I10), jogos (I3, I8, I9), construção de conhecimento online (I1, I4) e webservices (I2).

Tabela 5. Trabalhos pertencentes à intersecção das buscas. Fonte: autor

ID	Publicação	Conferência	Ano
I1	X. Tang, J. Coffey: Fostering Meaningful Scientific Argumentation Practices Through Ongoing Classroom Interactions	Int. Conf. on Learning Sciences	2010
I2	A. Benfell: A Multi-responsive Communication Architecture for Web Service Description and Discovery	I-SEMANTICS	2010
I3	D. Wilde: hipDisk: Experiencing the Value of Ungainly, Embodied, Performative, Fun	CHI Extended Abstracts	2012
I4	T. Kriplean, J. Morgan, D. Freelon, A. Borning and L. Bennett: Supporting Reflective Public Thought with Considerate	ACM CSCW	2012
I5	R. Bodle: The Ethics of Online Anonymity or Zuckerberg vs. Moot	Computers and Society	2013
I6	B. Xu, P. Chang, C. Welker, N. Bazarova, D. Cosley: Automatic Archiving Versus Default Deletion: What Snapchat Tells Us About Ephemerality in Design;	ACM CSCW	2016
I7	J. Groshek and E. Tandoc: The Affordance Effect: Gatekeeping and (Non)Reciprocal Journalism on Twitter	Social Media & Society	2016
I8	P. Alavesa, M. Pakanen, H. Kukka, M. Pouke and T. Ojala: Anarchy or Order on the Streets: Review Based Characterization of Location Based Mobile Games	CHI PLAY	2017
I9	L. Poretski, J. Lanir and O. Arazy: Normative Tensions in Shared Augmented Reality	ACM CHI	2018
I 10	M. Devito, A. Walker and J. Birnholtz: 'Too Gay for Facebook': Presenting LGBTQ+ Identity Throughout the Personal Social Media Ecosystem	ACM CHI	2018

Bodle (I5), tomando como base o Facebook, afirma que o anonimato online está se tornando cada vez mais difícil de se manter. *Affordances* são usadas no sentido de aquilo que o anonimato online é capaz de proporcionar, ou seja, reduzir a responsabilidade, aumentar a desinibição, e tem efeito de despersonalização. Embora estudos anteriores sugeriam que, em contextos anônimos, as pessoas eram mais propensas a se comportar de forma anti-normativa, em I5 é apresentado que em comunidades online uma redução na individualização pode contribuir para um forte senso de identidade coletiva. No artigo I6 é discutido o alinhamento entre o que foi chamado de uma *affordance* do Snapchat, que é sua funcionalidade padrão de apagar fotos alguns segundos após serem visualizadas, com a norma social de não se fazer cópias de tela (*printscreen*) do aplicativo. Esta norma é parcialmente respeitada, e isto é discutido com base na teoria de Nissenbaum (Nissenbaum, 2009) que postula que normas são altamente dependentes de contexto e que os indivíduos entram e saem de contextos distintos que apresentam diferentes normas, mesmo durante o uso de um único aplicativo.

Em I7, o termo “*technological affordance*” é usado com base no referencial de Halpern e Gibbs (2013), que por sua vez se baseia em Gibson (texto A8), porém de forma genérica, considerando qualquer capacidade de interação ou atuação fornecida pelos sistemas, como o anonimato. Devito *et al.* (I10) argumentam que é importante considerar as decisões do usuário sobre sua auto-apresentação como parte de um ecossistema, em que as plataformas de mídia social, suas audiências, *affordances* técnicas e normas comportamentais são componentes. No grupo de jogos, o artigo I3 mostra um dispositivo cujas *affordances* físicas levam o jogador a fazer movimentos “socialmente estranhos”, ou seja, leva o jogador a desafiar o comportamento estabelecido normativamente. Em I8 é mais uma vez citado o referencial de Norman (1988), usado para se referir à “liberdade de movimento” proporcionada por um jogo para dispositivos móveis. No caso, estes jogos devem garantir que seus usuários continuem seguindo normas sociais, respeitando leis, e ficar seguro. O artigo I9 afirma que uma realidade aumentada compartilhada possui *affordances* que podem transformar algo que pareceria rude em ambientes sociais tradicionais em algo visto como normal e aceitável.

Baseado na Teoria da Atividade (Engestrom, 1987), o artigo I1 estuda as normas sociais de interação em uma sala de aula, em momentos em que deve haver argumentação e formação de sentido. Afirma que devem haver mediadores com *affordances* específicas para favorecer este comportamento. O artigo de Kriplean *et al.* (I4) mostra como normas sociais vigentes influenciam em discussões políticas online. Com base nos princípios da Web Pragmática, o artigo I2 propõe um mecanismo que captura padrões comportamentais de serviços usando simultaneamente *affordances* e normas que, quando mesclados, formam uma arquitetura de comunicação para a descoberta de webservices; utilizam o referencial de Liu e Li (2014) que articula os conceitos de *affordances* e normas em sistemas de informação.

4. AFFORDANCES E NORMAS À LUZ DE PESQUISAS RECENTES

Embora *affordances* tenham sido postuladas por Gibson de forma qualitativa, resultados recentes da neurociência corroboram de forma quantitativa sua existência e revelam seu mecanismo de funcionamento. Murata *et al.* (2016) utilizaram medidas da frequência de acionamento de neurônios no córtex de primatas para mostrar que existem áreas do córtex – conhecidas como circuito AIP-F5 – responsáveis por correlacionar características físicas específicas de objetos com os movimentos necessários para manipulá-los. Neurônios diferentes são acionados para diferentes formas, orientações e tamanhos de objetos. Porém, os mesmos neurônios são ativados quando o objeto é apenas visualizado e quando ele é manipulado, mostrando que nesta área ocorre a correlação entre a percepção visual do objeto e as possibilidades de interação com o mesmo. Isto foi denominado “vocabulário motor”. Ou seja, existe uma base neuronal para a relação entre a percepção visual de características físicas de um objeto e a ativação de áreas que **preparam o sujeito para ação** adequada na interação com tal objeto – o que é bastante alinhado com a proposição original de *affordance*. Outro ponto importante é a descoberta de que, pelo ponto de vista de impulsos entre neurônios, quando usamos uma vareta para explorar objetos presentes em um espaço físico delimitado, a vareta passa a ser compreendida como se fosse parte do braço (Murata *et al.*, 2016). Isso demonstra que o cérebro se adequa à realidade do corpo, no caso, considerando sua “extensão” com uma ferramenta. Progressivamente, este novo sujeito híbrido composto por mão + vareta estabelece suas próprias *affordances* com o ambiente com o qual interage, o que seria um indicativo que as mesmas não seriam inatas ou fixas, mas podem ser aprendidas ou desenvolvidas.

Já em relação a normas, Centola *et al.* (2018) argumentam que quando uma minoria comprometida atinge um tamanho crítico de grupo, o sistema social cruza um ponto crítico; uma vez atingido o ponto de inflexão – no original, *tipping point* – as ações de um grupo minoritário desencadeiam uma cascata de mudança de comportamento que aumenta rapidamente a aceitação de uma nova forma de agir. De acordo com esta visão, o poder de pequenos grupos não vem de sua autoridade ou riqueza, mas de seu compromisso com a causa. Muitos estudos a este respeito se basearam e simulações computacionais empregando teoria dos jogos para demonstrar esta dinâmica. O que Centola *et al.* (2018) trazem de novo é ter registrado e mensurado este comportamento em 10 comunidades reais, com 20 a 30 pessoas cada uma. Uma norma dominante era deliberadamente desafiada por sujeitos participantes do experimento. Em comunidades em que o número de desafiantes era inferior a 25% do total, apenas um pequeno número de outros membros era convertido para o comportamento alternativo e, mesmo assim, ao longo do tempo, acabavam por retornar ao comportamento dominante. Já para uma minoria entre 25% e 30% do grupo, em todos os grupos observados

o comportamento alternativo se tornou norma dentro da janela de tempo do estudo. Ou seja, este estudo valida as diversas simulações computacionais feitas sobre o estabelecimento de novas normas em um grupo social, além de definir um ponto de inflexão em 30% da população, a partir do qual as interações levam os praticantes da norma antiga se converterem à nova norma.

5. DISCUSSÃO

Fica claro que há evidências empíricas quanto à existência de estruturas mentais específicas para a relação entre corpo e objetos, mediada pela percepção que se tem de ambos. Do ponto de vista de paradigma científico, Gibson procurou superar a dicotomia objetivista-subjetivista (Kaptelinin e Nardi, 2012) vigente em áreas como psicologia e filosofia, e foi adotado para direcionar o design de artefatos físicos ou computacionais. Desta forma, na proposta original de Gibson (A8), uma *affordance* pode ser vista apenas como uma hipótese, não algo que se possa determinar a existência. Norman (A2) inclui a percepção em sua definição, tornando mais específicos o seu significado e possibilidades.

Osch e Mendelson (2011) lembram que existe uma segunda perspectiva necessária a compreensão de *affordances*, principalmente para Interação Humano-Computador: a do designer. Ele ou ela pode ter a intenção de aplicar determinadas características a um artefato sendo planejado ou construído, de modo a proporcionar uma possibilidade de interação; porém pode não ser bem-sucedido. Inversamente, uma *affordance* pode ser percebida pelo usuário sem ter sido intenção do designer – como em usos não planejados de artefatos. Além disso, pode ser intenção do designer que certas *affordances* não sejam perceptíveis – como *easter eggs* em jogos, por exemplo. Por fim, podem existir *affordances* emergentes, ou seja, que não foram intencionadas pelo designer nem percebidas diretamente pelo usuário, mas que surgem durante a interação; neste caso, é necessário um avaliador externo para perceber que a presença do artefato provocou uma alteração nas ações do usuário.

O processo de emergência de comportamentos decorrentes da interação entre o artefato e o usuário pode ser compreendido como uma contribuição do artefato **em si**. Este estudo pode ser feito por pontos de vista como o de Suchmann (A9), ou outras fontes de teorias sobre a sociomaterialidade, como Orlikowski (2007) ou Latour (2005), entre outros. Em comum, estas abordagens admitem o papel ativo de artefatos moldando e direcionando ações humanas, inclusive interações sociais. Embora sem um aprofundamento teórico formal, este papel já é explorado por Fogg (N14). Normas sociais emergem quando o comportamento de um indivíduo é percebido como repetitivo em outros do mesmo grupo. Artefatos computacionais podem interferir nesta percepção e, desta forma, atuar de forma favorável ou contrária a determinados comportamentos – seguindo ou não uma intenção de design. Porém, para o conceito de normas, além da falta de uma referência canônica para a sua definição, notou-se duas abordagens principais: a do grupo que procura entender como surgem normas e ordem em grupos de agentes independentes, e a do grupo que já assume a existência de pressões sociais – representáveis por meio de lógica deôntica, por exemplo. Há uma lacuna na ligação entre estes dois movimentos, mostrando como normas emergentes se tornam consolidadas. A demonstração experimental do *tipping point*, no mundo real, preenche parcialmente esta lacuna.

No estudo da intersecção também é possível verificar que são todos artigos recentes, publicados a partir de 2010, o que demonstra sua relevância atual, principalmente se considerarmos problemas como questões de gênero, ética em redes sociais, e o futuro da inteligência artificial (Yu *et al.*, 2018; Chung *et al.*, 2017). A análise das conferências e periódicos onde os textos originais foram encontrados (Tabelas 1 e 3) mostra sua importância para várias áreas de pesquisa como interfaces e interação (IHC e TEI), trabalho colaborativo (CSCW), agentes autônomos e inteligentes (AAMAS e WI-IAT); o que pode ser expandido para novas áreas como Ambient Assisted Living – AAL.

Resumindo, o que ambos os conceitos tratam é a **influência que objetos ou pessoas exercem na disposição para ação** de um sujeito. Propomos compreendê-los em um contínuo, que vai desde o que é naturalmente determinado até o que é socialmente definido. Interação neste percurso a construção do conhecimento e a produção de tecnologia, em um ciclo que se realimenta. Este tema constitui o foco dos desdobramentos do presente trabalho, em particular, a compreensão de objetos e pessoas conectados e computacionalmente aparelhados, e suas mútuas interferências.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, analisamos as fontes bibliográficas mais referenciadas por trabalhos que abordam os conceitos de *affordances* e normas. De início, esperamos ter contribuído com uma fonte concisa e simplificada, em língua portuguesa, de referenciais teóricos relevantes para dois dos conceitos mais importantes para pesquisa em IHC e design de aplicações e dispositivos com viés social. Em particular, a interseção entre *affordances* e normas, representada pelos artigos elencados na seção 3.3, mostra a atualidade do tema, tendo em vista tratar-se de artigos recentes. Entretanto, também mostra que os conceitos têm sido usados de forma menos rigorosa, o que pode indicar uma lacuna para novos referenciais.

Para o futuro, podemos cogitar que a união dos dois conceitos poderá proporcionar uma simplificação paradigmática útil para Interação Humano-Computador em desafios relacionados à ubiquidade, múltiplos dispositivos e tangibilidade, que requerem um referencial teórico que contemple a sociomaterialidade em sua essência. A neurociência pode fornecer novas formas de compreender a ligação entre objetivo e subjetivo, bem como a relação entre indivíduo e sociedade. E a sociologia, em particular as vertentes que reconhecem o papel de objetos físicos nas relações sociais (Osch e Mendelson, 2011), ajudar na compreensão do papel de artefatos digitais em padrões de comportamento.

AGRADECIMENTO

O autor agradece o apoio financeiro recebido da EDUCORP/Unicamp.

REFERÊNCIAS

- Birnbaum, Gurit E. , Moran Mizrahi, Guy Hoffman, Harry T. Reis, Eli J. Finkel, and Omri Sass, 2016. Machines as a Source of Consolation: Robot Responsiveness Increases Human Approach Behavior and Desire for Companionship. In *The Eleventh ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction (HRI '16)*. IEEE Press, Piscataway, NJ, USA, 165-171.
- Brooks, Rodney, 1991. New approaches to robotics. *Science* 253, no. 5025: 1227-1232.
- Centola, Damon, Joshua Becker, Devon Brackbill, and Andrea Baronchelli, 2018. Experimental evidence for tipping points in social convention. *Science* 360, no. 6393: 1116-1119.
- Chung, Hyunji , Michaela Iorga, Jeffrey Voas, and Sangjin Lee, 2017. Alexa, can I trust you? *Computer* 50, no. 9: 100-104.
- Dourish, P., 2004. What we talk about when we talk about context. *Personal and ubiquitous computing* 8, no. 1: 19-30.
- Engstrom, Y., 1987. *Learning by expanding*. Orienta-konsultit, Helsinki.
- Halpern, Daniel and Gibbs, Jennifer, 2013. Social media as a catalyst for online deliberation? Exploring the affordances of Facebook and YouTube for political expression. *Computers in Human Behavior*, 29, 1159-1168
- Kaptelinin, Victor and Nardi, Bonnie, 2012. Affordances in HCI: toward a mediated action perspective. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 967-976. ACM, 2012.
- Latour, Bruno, 2005. *Reassembling the social: An introduction to actor-network theory*. Oxford: Oxford University Press, pp. 801-831.
- Lewis, David, 1969. *Convention: A Philosophical Study*, Harvard University Press.
- Liu, Kecheng and Li, Weizi, 2014. *Organisational Semiotics for Business Informatics*. Taylor and Francis, Hoboken.
- Murata, Akira, Wen Wen, and Asama, Hajime, 2016. The body and objects represented in the ventral stream of the parieto-premotor network. *Neuroscience research* 104: 4-15.
- Nissenbaum, Helen, 2009. *Privacy in context: Technology, policy, and the integrity of social life*. Stanford University Press.
- Norman, Donald A., 1988. *The psychology of everyday things*. New York: Basic books.
- Orlikowski, Wanda, 2007. Sociomaterial practices: Exploring technology at work. *Organization Studies* (28:9), pp. 1433-1448.
- Osch, Wietske and Mendelson, Orr, 2011. A typology of affordances: Untangling sociomaterial interactions through video analysis. *Proceedings of the International Conference on Information Systems, ICIS 2011*, Shanghai, China, December 4-7, 2011.
- Searle, John R., 1965. What is a speech act. *Perspectives in the philosophy of language: a concise anthology* 2000: 253-268.
- Yu, Han, Zhiqi Shen, Chunyan Miao, Cyril Leung, Victor R. Lesser, and Qiang Yang, 2018. Building ethics into artificial intelligence. *Proceedings of the 27th International Joint Conference on Artificial Intelligence*. Stockholm, Sweden — July 13 - 19, 2018.

PROPOSTA DE MODELO DE REFERÊNCIA DE INTELIGÊNCIA DE AMEAÇAS

Bruce William Percílio Azevedo, William F. Giozza, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça,
Demétrio Antônio da Silva Filho, Rafael Timóteo de Sousa Júnior
e Robson de Oliveira Albuquerque

*Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia Elétrica (PPEE) - Departamento de Engenharia
Elétrica - Universidade de Brasília - Brasília, Brasil - Zipcode 70910-900*

RESUMO

Este artigo propõe um modelo de referência para inteligência de ameaças, juntamente com a descrição de uma ferramenta de prova de conceito como resultado das possibilidades do modelo desenvolvido. O modelo proposto agrega todas as funcionalidades relacionadas ao contexto, integrando-as e distribuindo-as em uma estrutura de camadas, apresentando seus objetivos, características e como elas estão interligados. O modelo em questão foi utilizado como base para o desenvolvimento de uma ferramenta com o objetivo de executar a funcionalidade de compartilhamento de dados de maneira segura e gerenciável.

PALAVRAS-CHAVE

Threat Intelligence, Modelo de Referência, Compartilhamento de Informação

1. INTRODUÇÃO

Todos os dias, aumenta o número de pessoas, empresas e nações, que digitalizam suas informações. Esse deslocamento em direção à esfera tecnológica continua subindo em economias emergentes. Porém, em economias mais desenvolvidas, esse padrão já se encontra em taxas elevadas (J. Poushter et al., 2016). Embora essas mudanças gerem ganhos, elas implicam em custos, e um deles é a necessidade de gerenciar e proteger esses dados. Avaliando o atual cenário de segurança cibernética, em que o número de incidentes vem aumentando (S. Samtani, K. Chinn, C. Larson, and H. Chen, 2016), essa tarefa é bastante desafiadora.

Para auxiliar na missão de proteger a infraestrutura vigente, é recomendável analisar a maior quantidade de conhecimento disponível e possível de ser coletada por uma entidade ou indivíduo. A Internet, como uma fonte de dados de amplo acesso, é constantemente utilizada como canal para realização de ataques e, em determinados casos, também atua na contenção desses. Contudo, todos os dias uma enorme quantidade de dados é criada e disponibilizada na Internet, sendo humanamente impossível processá-los e analisá-los sem o aporte de ferramentas especializadas.

Nesse sentido, ferramentas de Inteligência de Ameaças - comumente conhecidas por *threat intelligence*, possuem a finalidade de utilizar fontes de dados como base para a criação de *insights*. Essas ferramentas se propõem a atuar nesse contexto de forma estratégica, visando proporcionar consciência situacional e uma base para o planejamento de ações preventivas.

Threat intelligence é um assunto discutido com certa restrição no contexto acadêmico, sendo tratado majoritariamente na esfera da indústria de software e de tecnologias para a área de segurança cibernética e inteligência cibernética. Dentro do meio acadêmico percebe-se que os termos, normalmente, são discutidos em contextos isolados, como métodos de extração e normalização de dados (R. Meier, C. Scherrer, D. Gugelmann, V. Lenders, and L. Vanbever, 2018), estratégias voltadas para a análise de dados armazenados e a necessidade de compartilhar dados de forma granular e gerenciável (A. Schwartz, S. C. Shah, M. H. MacKenzie, S. Thomas, T. S. Potashnik, and B. Law, 2016).

As ferramentas de *threat intelligence* existentes até o momento da realização desta pesquisa, incluindo as gratuitas, possuem algumas de suas funcionalidades discutidas academicamente, onde são propostas outras abordagens ou até melhorias nas técnicas e métodos utilizados. Porém, aquelas que objetivam englobar a

funcionalidade de compartilhar dados de forma granular, gerenciável e independente de plataforma, não são de fácil acesso e entendimento, e nem encontradas em soluções gratuitas.

A principal contribuição deste trabalho é propor e implementar um modelo de referência de *threat intelligence*, suportado por funcionalidades encontradas em outras ferramentas já existentes, com o intuito de difusão de conhecimento agregado sobre ameaças. Nesse sentido, foi desenvolvido uma ferramenta como prova de conceito que aborda todas as camadas previstas no modelo, tendo seu foco principal no compartilhamento de dados.

A estrutura deste trabalho está dividida nas seguintes seções. O embasamento teórico e os trabalhos correlatos ao modelo aqui proposto estão na Seção 2. Já na Seção 3 é apresentada a proposta de modelo de referência, bem como as camadas da ferramenta de *threat intelligence* desenvolvida como prova de conceito. A Seção 4 apresenta alguns resultados do uso da ferramenta desenvolvida na forma de telas e agregadores de indicadores. A Seção 5 conclui esse trabalho e discute alguns temas futuros a serem considerados.

2. REFERENCIAMENTO TEÓRICO E TRABALHOS CORRELATOS

Segundo Rob McMillan (Gartner, 2016), *threat intelligence* é definido como o conhecimento baseado em evidências, que incluem o contexto, mecanismos, indicadores, implicações e aconselhamento sobre ameaças existentes ou emergentes que podem trazer danos a ativos. Essa definição também é suportada por esse artigo.

A maior parte das informações disponíveis sobre *threat intelligence* é de cunho voltado para a indústria de software e de tecnologia. No entanto, organizações como a *OASIS* (<https://www.oasis-open.org>) incentivam seu uso de forma livre, através do desenvolvimento de bibliotecas de código aberto e difundindo seus fundamentos. Outro exemplo é a empresa de segurança cibernética *Anomali* (<https://www.anomali.com>), que tem contribuído para o crescimento da área de *threat intelligence* por meio de ferramentas abertas à comunidade. A ferramenta *STAXX* (<https://www.anomali.com/pt/community/staxx>) é um exemplo de um software livre, e a fonte de dados *Limo* (<https://www.anomali.com/community/limo>), é um exemplo de *feed* gratuito e exclusivo para *threat intelligence*.

No que diz respeito às referências acadêmicas existentes sobre *threat intelligence*, a maior parte tem a intenção de pormenorizar tópicos específicos sobre o tema. Por exemplo, o artigo de Sarah Brown e Joep Gommers (S. Brown, J. Gommers, and O. Serrano, 2015) descreve os desafios de coletar dados em meio à diversidade de fontes, à necessidade intrínseca de normalizá-los visando sua padronização, com o intuito de facilitar o armazenamento, a pesquisa e sua manipulação. Por outro lado, o trabalho de Aziz Mohaisen, Omar Al-Ibrahin (A. Mohaisen, O. Al-Ibrahim, C. Kamhoua, K. Kwiath, and L. Njilla, 2017) discute a necessidade de compartilhar informações sobre ameaças, apresentando a necessidade de se criar um modelo de infraestrutura voltado ao compartilhamento, arcar com riscos, escolher uma estrutura de dados aberta e independente de fabricante, além de realizar o controle de qualidade dos dados que são compartilhados. Outro artigo, dos pesquisadores Cynthia Wagner e Gerard Wagner (C. Wagner, A. Dulaunoy, G. Wagener, and A. Iklody, 2016), relata como foi criada uma ferramenta de *threat intelligence*, desde a estrutura metodológica e os objetivos, até como ela é utilizada dentro de um contexto específico.

Para evidenciar a importância da utilização de ferramentas de *threat intelligence*, a Tabela 1 apresenta o clipe de vida de um ataque ocorrido e que teve consequências sérias para diversas empresas (E. Nunes, A. Diab, A. Gunn, E. Marin, V. Mishra, V. Paliath, J. Robertson, J. Shakarian, A. Thart, and P. Shakarian, 2016).

Baseado nas informações da Tabela 1, observa-se que em fevereiro de 2015, a Microsoft identificou uma falha de segurança no sistema operacional Windows. A falha permitia a execução remota de código malicioso e, até o momento da divulgação, não havia softwares que explorassem essa vulnerabilidade. Em abril de 2015, um *exploit* que se aproveitava dessa vulnerabilidade foi localizado sendo vendido em um mercado na *darknet*. Em julho de 2015 a empresa de segurança FireEye identificou um trojan que foi denominado de *Dyre Banking*. Esse trojan era capaz de roubar números de cartões de crédito, explorando essa vulnerabilidade. A exposição global média do *Trojan Dyre Banking* foi de 57,3%, ou seja, quase 6 em 10 organizações no mundo foram afetadas.

Tabela 1. Ciclo de vida de ataque

Timeline	Event
Fev. 2015	Microsoft identificou uma vulnerabilidade (MS15-010/CVE 2015-0057) que permite a execução de código remotamente no Windows. Até o momento não existia nenhum <i>exploit</i> conhecido para essa vulnerabilidade.
Abr. 2015	Um <i>exploit</i> (MS15-010/CVE 2015-0057) que fazia uso dessa vulnerabilidade, foi encontrado a venda no darknet market por 48 BTC (cerca de \$10,000-15,000).
Jul. 2015	A FireEye identificou que o <i>Trojan Dyre Banking</i> , desenhado para roubar dados de cartões de crédito, fazia uso dessa vulnerabilidade.

Analisando a estrutura do ataque, um padrão é translúcido. Entende-se que os cyber-criminosos estão se aproveitando de vulnerabilidades conhecidas objetivando prejudicar infraestruturas vitais para o seguimento das funções desempenhadas na esfera tecnológica, cada vez em menos tempo. No caso do exemplo descrito acima, em menos de 3 meses era possível explorar remotamente e com sucesso a falha.

Devido à grande quantidade de vulnerabilidades expostas e a necessidade de refiná-las a ponto de se tornar um ativo utilizável na contenção de ataques, realizar esse processo de forma manual é uma tarefa complicada e complexa, sendo necessário o emprego de ferramentas apropriadas. Nesse enfoque, a utilização de ferramentas de *threat intelligence* teria como objetivo auxiliar na descoberta de falhas referentes ao contexto investigado, gerando consciência situacional e proporcionando bases para a tomada de decisões. Caso a plataforma utilizada disponibilize funcionalidades de compartilhamento, seria possível repartir o cenário concebido e suas experiências geradas, com parceiros e/ou aliados em curto espaço de tempo.

2.1 Fontes de *Threat Intelligence*

O nome dado aos locais em que se encontram e de onde são extraídos conteúdos necessários para alimentar as ferramentas de *threat intelligence* é amplamente conhecido por “*Feed*”. Não existe um padrão para a escolha desses locais, qualquer fonte pode conter dados que, dentro de algum contexto e dentro de alguma abordagem, podem gerar valor. Algumas fontes usuais no contexto de *threat intelligence* podem parecer incomuns na visão de outras ferramentas que também extraem informação de fontes de dados, como por exemplo blogs, fóruns e sites vinculados à *darknet*.

Os *feeds* são divididos em duas categorias: privados e abertos. Os *feeds* privados possuem autoria e objetivos profícuos. Empresas como a McAfee (<https://www.mcafee.com/enterprise/pt-br/threat-center/global-threat-intelligence-technology.html>) e a Symantec (<https://www.symantec.com/services/cyber-security-services/>) vendem esse tipo de solução. *Feeds* abertos são dados disponíveis cujo acesso possui autoria, porém não é gerado objetivando lucro. Como exemplo de *feeds* abertos, existem os relatórios de pesquisadores de segurança, blogs de fornecedores de soluções de segurança, listas de bloqueio e reputação de endereços e URLs disponíveis publicamente. Além disso, algumas empresas que oferecem *feeds* de forma gratuita, como *Anomali* (<https://www.anomali.com/>), *Hailataxii* (<http://hailataxii.com/>) e *Alienvault* (<https://www.alienvault.com/>).

Considera-se também que os dados gerados por infraestruturas computacionais são um tipo de fonte de dados que também pode ser utilizada no contexto de *threat intelligence*. Ou seja, internamente, as organizações podem utilizar os dados gerados pelo próprio ambiente nesse contexto, enriquecendo seus próprios dados.

Os *feeds* contém dados disponíveis em diversos tipos, formatos e estruturas. A falta de padronização na disposição desses dados é um problema, pois para cada formato diferente é necessário um algoritmo específico para coleta e normalização em formato padronizado. Visando sanar essa adversidade, a organização *Mitre* (<https://www.mitre.org/>) foi a autora de uma iniciativa que, de forma aberta e colaborativa, concebeu uma estrutura baseada em ontologias, visando o registro e compartilhamento de eventos relacionados à segurança da informação, para seu uso de forma indiscriminada.

Essa estrutura é utilizada no padrão *Structured Threat Information eXpression* (STIX) (S. Barnum, 2012), também criado por iniciativa da Mitre, como uma linguagem para a especificação, captura, caracterização e comunicação padronizada de eventos. A implementação dessa estrutura de acordo com o padrão STIX é resumido na *Tabela 2*. O STIX fornece mecanismos comuns para lidar com informações estruturadas de *threat intelligence*, objetivando melhorar a consistência, a eficiência, a interoperabilidade e o conhecimento geral da situação. Até o momento da elaboração deste trabalho, existem duas versões do STIX disponíveis, a 1 e a 2. A versão 1 é estruturada em XML e a versão 2 em JSON.

O compartilhamento de informações sobre ameaças pode ser utilizado de forma eficiente, estratégica e eficaz contra ameaças emergentes (A. Mohaisen, O. Al-Ibrahim, C. Kamhoua, K. Kwiat, and L. Njilla, 2017). Já foi dito que “O compartilhamento de dados voltados a inteligência de ameaças é a única maneira de combater o crescente gap de habilidades” (Javvad Malik, 2016). Na prática o compartilhamento de informações é usado para comunicar experiência operacional, visando com que os participantes possam aprimorar suas defesas contra ataques contínuos, criando abordagens proativas nesse contexto.

Tabela 2. Descrição de objetos pertencentes ao STIX

Nome	Descrição
<i>Attack Pattern</i>	Táticas, técnicas e procedimentos (TTP), que indicam como atores de ameaças procuram alvos comprometidos.
<i>Campaign</i>	Um grupo de comportamentos que são usados como base para descrever atividades maliciosas e ataques, que ocorrem em determinado período de tempo.
<i>Identity</i>	Descrição de indivíduos, organizações ou grupos.
<i>Indicator</i>	Contém padrão que pode ser utilizado para identificar alguma ameaça.
<i>Intrusion Set</i>	Um grupo de comportamentos e recursos, usados por atores de ameaças.
<i>Malware</i>	Código malicioso e softwares, usados para comprometer ativos das vítimas.
<i>Observed Data Report</i>	Contém informações formadas por sistemas de redes (ex: endereço IP). Abrange detalhes de <i>threat intelligence</i> , como atores de ameaças, <i>malware</i> , técnicas de ataque e detalhes contextuais.
<i>Threat Actor</i>	Indivíduos, grupos, ou organizações, que se acredita operar com intenções maliciosas.
<i>Tool</i>	Software que pode ser usado por atores de ameaças objetivando realizar ataques.
<i>Vulnerability</i>	A descrição de falhas que podem ser diretamente usadas para causar danos.

Nesse sentido, uma vez que um evento for registrado, é interessante existir a possibilidade de compartilhá-lo. Aspirando essa funcionalidade, a Mitre criou uma outra iniciativa almejando o desenvolvimento de um padrão para suportá-la, o *Trusted Automated eXchange of Indicator Information* (TAXII) (J. Connolly, M. Davidson, and C. Schmidt, 2014). O padrão TAXII é um conjunto de especificações técnicas e documentações voltadas para suportar a troca de dados, de forma segura e independente de plataforma. Juntos, os padrões STIX e TAXII oferecem modelos que visam a disposição de dados e sua transferência de forma segura. Como ambos são livres e abertos, não há necessidade de seguir procedimentos de estruturação ou implantação, permitindo às instituições interessadas determinarem como suas ferramentas e serviços, os implementam e gerenciam o fluxo de dados de seu interesse.

2.2 Revisão sobre Ferramentas de Threat Intelligence

Conforme já exposto anteriormente, existe uma quantidade considerável de ferramentas de *threat intelligence* disponíveis. Uma das principais questões é que estas ferramentas não são gratuitas e, a maior parte delas, tem um custo financeiro bastante elevado. Basicamente, as ferramentas de *threat intelligence* se classificam em dois tipos, as pagas e as gratuitas.

Como exemplo de ferramentas pagas, cita-se a Luminar da empresa Verint (<https://cis.verint.com/product/cybersecurity/lumiard/>). A ferramenta em questão permite a realização de pesquisas de interesse utilizando pontos chave de seu conteúdo (como IPs, marcas, ativos, entre outros), dentro de uma visão de negócio ofertada como serviço. Outra ferramenta paga é a Threat Intelligence Exchange da empresa McAfee (<https://www.mcafee.com/enterprise/pt-br/products/threat-intelligence-exchange.html>). Essa ferramenta permite o uso de dados gerados pela infraestrutura computacional no contexto de threat intelligence, automatizando a busca por possíveis ameaças.

Em relação às ferramentas gratuitas, como exemplo, cita-se a solução denominada STAXX da empresa de segurança cibernética Anomali (<https://www.anomali.com/community/staxx>). A ferramenta STAXX tem a capacidade de coletar dados, armazená-los e fornece mecanismos que possibilitam ao usuário manipular e examinar os dados. Outro exemplo de ferramenta gratuita é a Malware Information Sharing Platform (MISP) (<https://www.misp-project.org/documentation>), uma ferramenta que permite a coleta, o armazenamento, a exploração de dados armazenados e seu compartilhamento. No entanto, o compartilhamento proposto pelo MISP precisa de melhorias, por exemplo, não é possível filtrar dados para requisições específicas e por usuário.

3. PROPOSTA DE MODELO DE REFERÊNCIA E FERRAMENTA DE THREAT INTELLIGENCE

De acordo com o estudo realizado, existe espaço para avanços e/ou melhorias em termos de *threat intelligence*, seja no âmbito acadêmico, seja na indústria de segurança cibernética. Observando esta consideração, este trabalho identifica e explora dois pontos. O primeiro é a ausência de um modelo de referência, que se propõe a promover um mapa de funcionalidades inerentes ao contexto de *threat intelligence*, visando apresentar um escopo em que todas essas funcionalidades se encaixem. O segundo é o número restrito de ferramentas abertas que possuem a funcionalidade de compartilhar dados, independente de plataforma e de forma gerenciável, visando introduzir uma ferramenta voltada a essa funcionalidade.

3.1 Modelo de Referência

Segundo os documentos disponíveis na literatura, observa-se várias funcionalidades sem uma estrutura que as entrelacem. Um modelo de referência serve, entre outras considerações, para as seguintes finalidades: entender o escopo de *threat intelligence*; ser usado como referência para entender funcionalidades encontradas em ferramentas nesse contexto; servir como base para o planejamento, visando a criação de ferramentas similares; e entender o ciclo de vida dos dados dentro do contexto de *threat intelligence*.

Visando suprir essa lacuna, foi elaborado como proposta um modelo de referência de *threat intelligence* cuja sua estrutura é baseada em seis camadas, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1. Modelo de referência e suas camadas

A tabela 3 apresenta cada uma das camadas do modelo de referência com uma descrição de cada uma das suas respectivas funções.

Tabela 3. Descrição das camadas do modelo de referência

#	Camada	Descrição
1	Gerenciamento	A camada de gerenciamento é responsável por gerenciar a interação dos usuários com cada funcionalidade que a aplicação oferece e a interação entre elas. Essa camada também é responsável pelo controle de fluxo de dados e seu acesso. A implementação da camada de gerência por parte da aplicação deve fundamentar a gerência de permissões. Essa funcionalidade deve ser vinculada a todas ações que podem ser desempenhadas pelos usuários, como a criação de solicitações para coletar dados, a escolha da localização de armazenamento de dados, a manipulação de dados armazenados, o compartilhamento de dados, entre outras.
2	Armazenamento	Essa camada deve ser suportada por uma estrutura de armazenamento capaz de sustentar a quantidade de entrada e saída de dados almejada para o funcionamento das aplicações. As principais estruturas de armazenamento consideradas nesse caso são de bancos de dados relacional, como SQLite (https://www.sqlite.org), Mysql (https://www.mysql.com), de bancos de dados não relacional, como por exemplo: Cassandra (http://cassandra.apache.org), MongoDB (https://www.mongodb.com). Ou estruturas customizadas, como a utilizada no Splunk (https://www.splunk.com). A estrutura implementada deve ser capaz de armazenar dados enviados pelas camadas de coleta e geração, e disponibilizar dados no formato exigido pelas camadas de pesquisa e compartilhamento.
3	Coleta	O objetivo dessa camada é fornecer a capacidade de coletar dados externos à infraestrutura vigente e internalizá-los. Essa camada deve oferecer funcionalidades que utilizem

#	Camada	Descrição
4	Geração	mecanismos que coletam dados em diversos padrões e os estruturam em um único formato, também compatível com o padrão requerido pela camada de armazenamento.
5	Pesquisa	Essa camada é responsável por fornecer funcionalidades voltadas a coleta de dados gerados pelos ativos internos e sua normalização em um único formato, compatível com o padrão requerido pela camada de armazenamento. Essa camada deve proporcionar a criação de <i>feeds</i> a partir de infraestruturas computacionais.
6	Compartilhamento	Essa camada é responsável por agregar mecanismos e métodos visando a manipulação e exploração de dados armazenados. A estrutura que suporta essa camada deve oferecer funcionalidades voltadas à consulta de dados a partir da camada de armazenamento e deve fornecer visibilidade adequada segundo a necessidade de visualização de dados.
		Essa camada tem como objetivo agrupar funcionalidades que visam o compartilhamento de dados com agentes fora da estrutura da aplicação. A criação de regras de negócio voltadas à permissividade, é essencial para o gerenciamento de forma granular. Visando a segurança, a aplicação deve possuir uma estrutura de compartilhamento separada, com acesso controlado e limitado somente a camada de armazenamento.

3.2 Implementação do Modelo de Referência

Como prova de conceito referente a funcionalidade prática do modelo apresentado na Seção 3.1, uma ferramenta de *threat intelligence* com o desígnio de compartilhamento de dados foi desenvolvida usando-o como fundamento. Ressalta-se que a ferramenta continua em desenvolvimento e está sendo aprimorada para ser, em futuro próximo, lançada como uma aplicação de software livre. A Figura 2 ilustra a estrutura da aplicação desenvolvida nesse trabalho.

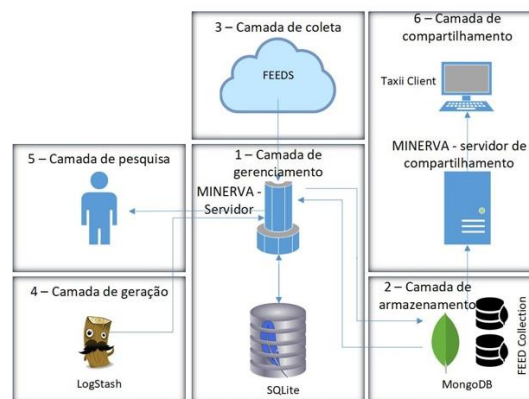


Figura 2. Estrutura da aplicação de threat intelligence

Os padrões elegidos que fundamentam essa aplicação foram o *STIX 2* para o armazenamento de dados proveniente de *feeds*, o *TAXII* para o compartilhamento de dados e a estrutura de agrupamento de características de objetos em forma tabular, visando seu gerenciamento.

Após o término das definições iniciais sobre os padrões, foi dada preferência para a seleção de componentes da camada de armazenamento. Com o intuito de comportar funcionalidades inerentes de pesquisa rápida, foi escolhido o banco de dados NoSQL *mongoDB* (<https://www.mongodb.com>). Em linhas gerais, o *mongoDB* é um banco de dados não relacional concebido para trabalhar com dados no formato *JSON*, corroborando o suporte de dados estruturados no padrão *STIX 2*.

Para a camada de gerenciamento, foi escolhido o banco de dados relacional *SQLite* (<https://www.sqlite.org>) para comportar as funcionalidades necessárias. Todos as características referentes a *feeds*, usuários e permissões, são armazenadas de forma tabular dentro dessa base.

Visando a camada de coleta de dados provenientes de *feeds*, foram implementadas até o momento 4 estratégias coletas de dados: a) robôs, para *feeds* não estruturados; b) *TAXII* para dados no formato *STIX/TAXII*; c) entrada de dados por arquivos; d) a implementação de uma estrutura de *parser* suportado pela plataforma *LogStash* (<https://www.elastic.co/pt/products/logstash>) para dados gerados internamente. De maneira geral, a implementação dessa estrutura suporta funcionalidades inerentes às camadas de coleta e de geração.

A interface com o usuário é implementada na camada de pesquisa. Para suportar suas funcionalidades foi escolhido escolhidos *d3js* (<https://d3js.org>) de maneira a deixar a interface mais amigável. Para desempenhar as funcionalidades pertinentes a camada de compartilhamento, foi implantado um servidor WEB separado dos demais componentes, com cuidados de segurança de maneira a restringir acessos. A estrutura do servidor WEB foi implementada para trabalhar no padrão *TAXII*.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS INICIAIS

Os resultados iniciais gerados pela ferramenta possuem valor intrínseco de acordo com proposta de modelo de referência. A aplicação traz mecanismos de segurança, como o controle de usuários. A Figura 3 ilustra uma tela de cadastro de usuários dentro aplicação. A aplicação permite o cadastro de *feeds* objetivando a extração de seu conteúdo e o armazenamento localmente. Para isso, são necessários dados como URL, credencias de acesso e local onde será armazenado. A Figura 4 ilustra uma tela de inserção de *feed*.

Figura 3. Tela de login

Figura 4. Tela de cadastro de feeds

A solução desenvolvida realiza a segmentação de armazenamento dos dados. Neste caso, cada base de dados armazena um *feed* diferente, e para fins de separação, cada *feed* gera o nome da base de dados a ser cadastrada. A Figura 5 ilustra uma tela de gerência de bases.

API Feed	Feed Name	URL	User	Password	Action
limo	limo	https://limo.anomali.com/api/v1/taxii2/taxii/	guest	*****	Q R X

Figura 5. Tela de gerenciamento de feeds

Visando gerar visibilidade adequada das informações armazenadas, foram criadas propostas em forma de gráfico. A Figura 6 apresenta uma dessas propostas. Para controlar o compartilhamento dessas informações, foi criada uma proposta de gerenciador de vínculos entre usuários e *feeds*, onde é especificado qual usuário pode coletar os dados de quais *feeds*. A Figura 7 apresenta essa estrutura.

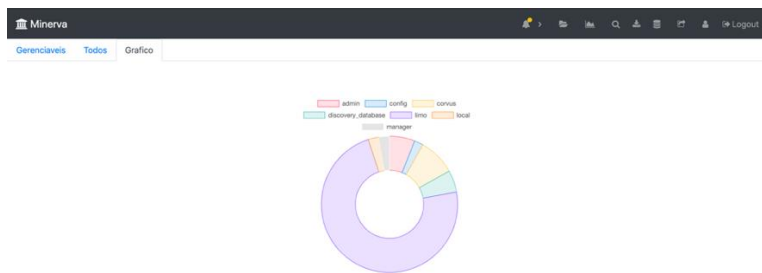


Figura 6. Gráfico de dados armazenados por feed



Figura 7. Criação de vínculo entre feeds e usuários

A funcionalidade de compartilhamento de dados disponibilizada pela aplicação é vedada a usuários que possuem permissão de coleta vinculada ao *feed* requerido. A Figura 8 apresenta a solicitação de credenciais referente a uma requisição de dados.

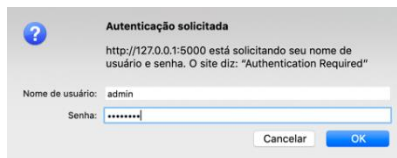


Figura 8. Tela de login exigido pela aplicação

A Figura 9 traz uma pilha de dados STIX (formato *json*) proveniente de uma requisição feita a aplicação.

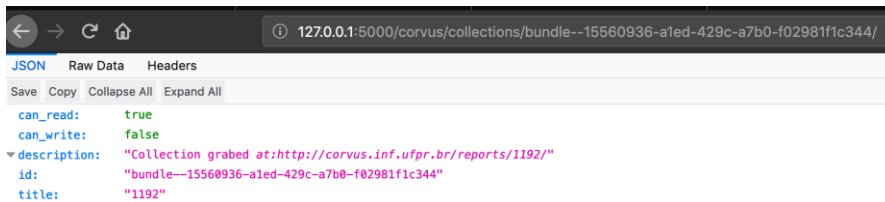


Figura 9. Resposta de requisição realizada ao servidor

5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

As principais motivações para esse trabalho foram a identificação da falta de um modelo de referência de *threat intelligence* e de uma ferramenta que realize compartilhamento de dados de forma granular e independente de plataforma.

Foi proposto um modelo de referência que divide as funcionalidades inerentes ao contexto de *threat intelligence* em 6 camadas. Cada camada foi descrita e suas funcionalidades dispostas. Entende-se que, após o término da implementação da solução por completo, a sua utilização pode vir a ser uma ferramenta que permita o usuário entender o escopo de *threat intelligence* com mais facilidade. Além disso, o protótipo implementado na prova de conceito permite considerar novas implementações de ferramentas de *threat intelligence* tendo como base o modelo de referência. Por fim, também se observa que o protótipo serve como base para entender o ciclo de vida de dados no contexto de *threat intelligence*.

Ressalta-se que o modelo de referência proposto serviu como fundamento para o desenvolvimento de uma aplicação demonstrativa de *threat intelligence* que logra atuar em todas as camadas apresentadas. Porém, o principal objetivo desejado para sua implementação é promover a capacidade de compartilhar dados com permissões concedidas de forma granular, gerenciável e independente de plataforma, facilitando o intercâmbio de dados de interesse para questões de análise de segurança cibernética.

Os próximos passos visam continuar o desenvolvimento da ferramenta, permitir a realização de novas pesquisas referente ao consumo e utilização de dados gerados por infraestruturas computacionais, voltando-os para o contexto de *threat intelligence*. Como visão futura do desenvolvimento, entende-se a possibilidade de entregar consciência situacional para suporte para tomada de decisões de forma automatizada.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio das Agências brasileiras de pesquisa, desenvolvimento e inovação CNPq (Projeto INCT SegCiber 465741/2014-2), CAPES (Projetos FORTE 23038.007604/2014-69 e PROBRAL 88887.144009/2017-00) e FAPDF (Projetos UIoT 0193.001366/2016 e SSDDC 0193. 001365/2016), bem como o suporte do Laboratório LATITUDE/UnB (Projeto SDN 23106. 099441/2016-43), e as cooperações com o Ministério da Economia (TEDs DIPLA 005/2016 e ENAP 083/2016) e o Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (TED 002/2017).

REFERÊNCIAS

- A. Mohaisen, O. Al-Ibrahim, C. Kamhoua, K. Kwiat, and L. Njilla, 2017 “Rethinking information sharing for threat intelligence”. Proceedings of the fifth ACM/IEEE Workshop on Hot Topics in Web Systems and Technologies. San Jose, United States. p. 6.
- A. Schwartz, S. C. Shah, M. H. MacKenzie, S. Thomas, T. S. Potashnik, and B. Law, 2016. “Automatic threat sharing: How companies can best ensure liability protection when sharing cyber threat information with other companies or organizations” U. Mich. JL Re-form, vol. 50, p. 887.
- C. Wagner, A. Dulaunoy, G. Wagener, and A. Iklody, 2016. “Misp: The design and implementation of a collaborative threat intelligence sharing platform”. Proceedings of the 2016 ACM on Workshop on Information Sharing and Collaborative Security. Vienna, Austria. pp. 49–56.
- E. Nunes, A. Diab, A. Gunn, E. Marin, V. Mishra, V. Paliath, J. Robertson, J. Shakarian, A. Thart, and P. Shakarian, 2016. “Darknet and deepnet mining for proactive cybersecurity threat intelligence”. IEEE Conference on Intelligence and Security Informatics (ISI). Tucson, United States. pp. 7–12.
- Gartner, 2016. “Definition: Threat intelligence”. <https://www.gartner.com/doc/2487216/definition-threat-intelligence>.
- J. Connolly, M. Davidson, and C. Schmidt, 2014. “The trusted automated exchange of indicator information (taxii)” The MITRE Corporation, pp. 1–20.
- J. Poushter et al., 2016. “Smartphone ownership and inter-net usage continues to climb in emerging economies”. Pew Research Center, vol. 22, pp. 1–44.
- Javvad Malik. 2016. Threat Intelligence Sharing: The Only Way to Combat Our Growing Skills Gap. Information Security Magazine.
- R. Meier, C. Scherrer, D. Gugelmann, V. Lenders, and L. Vanbever, 2018. “Feedrank: A tamper-resistant method for the ranking of cyber threat intelligence feeds”. 10th International Conference on Cyber Conflict (CyCon), pp. 321–344.
- S. Barnum, 2012. “Standardizing cyber threat intelligence information with the structured threat information expression (stix)”Mitre Corporation, vol. 11, pp. 1–22.
- S. Brown, J. Gommers, and O. Serrano, 2015. “From cybersecurity information sharing to threat management”. Proceedings of the 2nd ACM workshop on information sharing and collaborative security, Denver, United States. pp. 43–49.
- S. Samtani, K. Chinn, C. Larson, and H. Chen, 2016. “Az-secure hacker assets portal: Cyber threat intelligence and malware analysis”. IEEE Conference on Intelligence and Security Informatics (ISI). Tucson, United States. pp. 19–24.

O FATOR HUMANO DA CIBERSEGURANÇA NAS ORGANIZAÇÕES

Rita Santos Gonçalves e Sérgio Nunes

*Advance, ISEG - Lisbon School of Economics & Management
Rua do Quelhas 6, 1200-781 Lisboa, Portugal*

RESUMO

Numa realidade onde a evolução tecnológica é exponencial e a sociedade demonstra estar cada vez mais dependente da tecnologia, as pessoas revelam que não estão suficientemente preparadas para toda esta evolução, pelo que não se sabem proteger da realidade associada ao crescente número de ciberataques e da sua sofisticação. Desta forma, o fator humano representa uma das maiores vulnerabilidades das organizações, pelo que é um dos principais alvos dos ciberataques. Nesse sentido, as organizações devem estar cada vez mais atentas à importância do fator humano na cibersegurança, assegurando que os seus colaboradores estão suficientemente sensibilizados e que têm o conhecimento necessário nesta área. Assim, de forma a tornarem-se mais resilientes, as organizações devem procurar construir uma cultura de cibersegurança sólida, onde as preocupações com a cibersegurança passam a ser parte integrante do quotidiano de todo o fator humano. Deste modo, torna-se imperativo compreender a forma como o fator humano se relaciona com a cibersegurança das organizações.

PALAVRAS-CHAVE

Cibersegurança, Fator Humano, Organizações, Cultura de Cibersegurança, Consciencialização em Cibersegurança

1. INTRODUÇÃO

Com a tecnologia cada vez mais presente no quotidiano das pessoas, a cibersegurança torna-se uma premissa indispensável nos dias de hoje (Morgan, 2017). A cibersegurança define-se como “um conjunto de ferramentas, políticas, diretrizes, abordagens de gestão de risco, formação, boas práticas e tecnologias que podem ser utilizadas para proteger o ciberespaço” (ITU, 2008). Esta não deve ser vista de forma individualizada, mas sim como um conjunto de sinergias entre os três fatores estruturais da organização: pessoas, processos e tecnologia (Raposo (2016) baseado em McCumber (2004)). Nesse sentido, a tecnologia só consegue proteger eficazmente uma organização se as pessoas tiverem conhecimento, competências, compreensão e aceitação necessários relativamente à tecnologia e à cibersegurança. Desta forma, o fator humano deverá ser uma das maiores preocupações das organizações, até porque é indicado como o elo mais fraco no contexto da cibersegurança organizacional, por ser um alvo fácil de atingir pelos cibercriminosos e, por isso, a vítima mais comum dos ciberataques (Hadlington, 2017; Henshel et al., 2015; Mitnick & Simon, 2003; Ponemon Institute, 2016).

Assim, dos três fatores estruturais da organização mencionados, o foco deste trabalho é direcionado para o fator “pessoas”, mais concretamente para o “fator humano”, ou seja, as atenções são incididas nos colaboradores que não são especializados em cibersegurança e que, simultaneamente, agem com boas intenções. Para além disso, este artigo foca-se no estudo do fator humano no contexto organizacional, sendo que não são feitas distinções entre tipos de organizações. Deste modo são consideradas organizações públicas e privadas, com e sem fins lucrativos e de grandes e pequenas dimensões. Esta escolha deve-se ao facto de todas elas terem pessoas inerentes à sua constituição e de todas serem consideradas potenciais alvos de ataque dos cibercriminosos (Proofprint, 2019).

Desta forma, o objetivo principal deste trabalho é compreender qual a influência e importância que o fator humano tem na cibersegurança das organizações, através da identificação dos comportamentos e características do fator humano que influenciam a cibersegurança, do seu impacto nos níveis de cibersegurança alcançados e das soluções que permitem corrigir estas situações.

Por fim, o presente artigo encontra-se dividido em seis secções. A presente secção visa introduzir o tema em estudo. Na próxima secção é apresentada a revisão da literatura relativa ao fator humano da cibersegurança

das organizações. Na terceira secção é explicada a metodologia da investigação adotada. Esta é seguida por uma quarta secção, onde são apresentados os resultados da investigação feita. Na quinta secção, a revisão da literatura é contrastada com os resultados obtidos na investigação. Por fim, na sexta secção, são apresentadas as principais conclusões deste artigo.

2. FATOR HUMANO DA CIBERSEGURANÇA

Em primeiro lugar, importa definir o conceito de fator humano. Deste modo, considera-se fator humano um colaborador que não tem intenção maliciosa de prejudicar a organização e a sua cibersegurança, contudo acaba por colocar a organização em risco, ainda que de forma accidental. As consequências com origem no fator humano podem ser igualmente prejudiciais para a organização, quando comparadas com as consequências provocadas pelos colaboradores que prejudicam a organização de forma deliberada e planeada.

2.1 Comportamentos e Características do Fator Humano

2.1.1 Comportamentos do Fator Humano

No que toca à cibersegurança, é fundamental ter em conta os comportamentos do fator humano (Baptista, 2017). Segundo o CERT (2013), existem quatro tipos principais de incidentes com origem no fator humano.

Primeiramente, a divulgação accidental é identificada como um dos principais incidentes. Esta acontece quando os colaboradores publicam ou partilham informações confidenciais com os destinatários errados, sem intenção de cometer esse erro (CERT, 2013). Alguns comportamentos que podem levar a este tipo de incidente são: o facto de os colaboradores não eliminarem informações dos seus dispositivos, mesmo quando estas não serão necessárias no futuro; o acesso a redes sociais para fins pessoais no trabalho; e, ainda associado ao último fator apresentado, a divulgação de problemas do trabalho nas redes sociais (Ponemon Institute, 2012).

Em segundo lugar, o código malicioso é também identificado como um incidente relacionado com o fator humano. Neste caso, hackers (black hats) acedem a dados confidenciais da organização através de software malicioso (CERT, 2013). Algumas ações do fator humano que aumentam substancialmente a probabilidade deste tipo de incidentes vir a acontecer são: ligação a redes Wi-Fi inseguras; utilização de dispositivos próprios para fins laborais; conexão de dispositivos próprios à rede da organização; não atualização dos softwares antivírus e anti-malware; utilização de serviços cloud sem permissão da organização; acesso a websites considerados inseguros; download de aplicações não aprovadas pela organização; alteração das configurações de segurança dos sistemas; e abertura de anexos ou links de e-mails de spam e de fontes não fidedignas (Ponemon Institute, 2012).

O descarte de registos físicos é também apontado como algo que é feito pelos colaboradores de forma accidental. Desde documentos perdidos, deitados fora ou roubados, são vários os exemplos deste tipo de incidente, resultante do comportamento humano (CERT, 2013).

Por fim, a perda, roubo e descarte de dispositivos como computadores, smartphones, tablets e alguns componentes de armazenamento como pens USB e discos rígidos, colocam em causa a segurança das organizações (CERT, 2013). São vários os comportamentos errados associados a este incidente, tais como: utilização de componentes de armazenamento não protegidos e inseguros; dispositivos são deixados sem supervisão na ausência do proprietário e, em alguns dos casos, desbloqueados; perda de componentes de armazenamento com dados confidenciais e ausência de reporte imediato do desaparecimento à organização; transporte de dispositivos com informações confidenciais desnecessárias em viagem; e não realização de backups com regularidade, o que ajudaria em caso de perda ou roubo (Ponemon Institute, 2012).

Adicionalmente, as passwords representam ainda outro grande problema, onde o fator humano nem sempre segue as melhores práticas. Exemplo disso é o facto de partilharem passwords com terceiros, de reutilizarem a mesma password em diferentes contas, de não alterarem as passwords com regularidade e de não utilizarem passwords complexas (Ponemon Institute, 2012).

2.1.2 Características do Fator Humano

Importa ainda compreender quais as características intrínsecas do fator humano que levam a muitos dos comportamentos que comprometem a cibersegurança das organizações, acima apresentados. Esta compreensão é fundamental para todos os processos de elaboração e aplicação de políticas de cibersegurança. (CERT, 2014).

A falta de atenção é apresentada como uma característica humana que está na origem de diversos incidentes. Esta pode ser mais evidente em situações de preocupação, que leva as pessoas a terem um défice de atenção nas tarefas que estão a desempenhar. Para além disso, devido à falta de atenção, as pessoas podem não conseguir identificar os sinais de mudança e, por isso, nem conseguir detetar sinais associados a acontecimentos suspeitos. Associado a isso, as pessoas acabam por não ter consciência da situação atual em que se encontram. Deste modo, pessoas que se encontrem mais desatentas e preocupadas com outros assuntos, incorrem num maior risco de despoletar novos incidentes de cibersegurança (CERT, 2014).

Deve-se salientar ainda que nem todas as pessoas reagem de igual forma ao risco. Nesse sentido, pessoas com elevada aceitação ao risco, acabam por apresentar comportamentos mais arriscados para a organização. Por outro lado, pessoas mais avessas ao risco representam uma menor probabilidade de colocar em prática ações de risco, pelo que são consideradas mais cautelosas e menos propícias a estarem na origem de incidentes de cibersegurança. (CERT, 2014)

Importa ainda destacar que o stress e ansiedade podem estar correlacionados com a prática de erros que comprometem a cibersegurança. São vários os fatores que podem estar na origem do stress do fator humano, tais como: mau ambiente de trabalho, existência de pressão durante períodos de tempo prolongados e elevadas cargas de trabalho. Assim sendo, colaboradores que se encontrem mais expostos a situações de stress têm também mais propensão a comprometer a cibersegurança da organização onde se inserem. (CERT, 2014)

Ainda que noutra âmbito, as condições de saúde física também têm bastante impacto no desempenho humano. Aspetos cognitivos como a atenção, memória e raciocínio podem ser afetados por condições como fadiga, doença ou lesão. Nesse sentido, um colaborador que não se encontre bem a nível físico, poderá representar um maior risco de cibersegurança para a organização (CERT, 2014).

Deve-se ter ainda em consideração que valores, crenças e hábitos de um colaborador podem influenciar o cumprimento das diretrizes de cibersegurança. Por um lado, estas podem estar de acordo com as diretrizes da organização, o que facilita o seu cumprimento. Por outro, os valores, crenças e hábitos podem sobrepor-se às diretrizes de cibersegurança, se não forem compatíveis, o que poderá representar um risco para a organização (CERT, 2014).

Por fim, apesar de a falta de conhecimento não ser considerada diretamente como uma característica intrínseca do fator humano, esta está na origem de muitos incidentes de cibersegurança, pelo que é uma das principais preocupações das organizações em relação aos seus colaboradores. A falta de conhecimento pode levar ao incumprimento das diretrizes de cibersegurança devido a incompreensão parcial ou total das mesmas. Nesse sentido, quanto menor for o conhecimento do fator humano, maior a probabilidade de a organização sofrer um ciberataque (CERT, 2014).

2.2 Consequências dos Comportamentos do Fator Humano

Os comportamentos e características do fator humano apresentados poderão ter diversas consequências na cibersegurança das organizações que, por conseguinte, trazem diversos prejuízos para as mesmas. Nesse sentido, as organizações preocupam-se essencialmente com os danos causados na qualidade dos produtos e serviços, a perda de confiança por parte dos clientes, os danos causados à reputação da marca, a perda de informação confidencial, a perda de oportunidades de negócio, os danos causados em equipamentos e o custo de mitigação e resposta ao ataque. Nestes casos, sendo que se trata de consequências dos comportamentos e características do fator humano, a origem dos ataques é, muitas das vezes, a engenharia social. (CERT, 2014)

2.3 Soluções para Corrigir os Comportamentos do Fator Humano

É importante salientar que não existe uma solução única para corrigir os comportamentos do fator humano, mas sim um conjunto de soluções, complementares entre si, que visam aumentar a segurança das organizações (AP2SI, 2016; Leocádio, 2017). Idealmente, cada colaborador deverá agir como um “sensor” da organização, prevenindo, detetando e reagindo a eventuais ataques, protegendo a organização a que pertence (Martins et al.,

2016). Nesse sentido, espera-se que exista uma compreensão integral de todos os fenômenos e não apenas uma análise isolada dos mesmos, para que não existam “elos mais fracos” dentro das organizações. Esta abordagem holística representa um esforço coletivo, onde cada colaborador contribui no combate ao cibercrime. Neste sentido, a cibersegurança está dependente de cada membro da organização individualmente e coletivamente (ENISA, 2017). Contudo, ainda que a cibersegurança deva fazer parte das tarefas diárias de todos os colaboradores, esta não deve ser excessivamente complexa de modo a não dificultar o desempenho das suas funções normais associadas ao core business (ENISA, 2017).

2.3.1 Cultura de Cibersegurança

Uma cultura de cibersegurança sólida é uma das principais soluções para mitigar os problemas de cibersegurança com origem no fator humano. Segundo a ENISA (2017), a cultura de cibersegurança das organizações pode ser definida como o conjunto de “conhecimentos, crenças, percepções, atitudes, suposições, normas e valores das pessoas relativamente à cibersegurança e a forma como estes se manifestam nos seus comportamentos com as tecnologias da informação”. Deste modo, por se tratar de uma cultura, quer dizer que as preocupações com a cibersegurança serão parte integrante do trabalho, hábitos e conduta dos colaboradores, integrando o seu quotidiano e moldando o pensamento de toda a equipa. Assim, o principal objetivo da cultura de cibersegurança é tornar as organizações mais resilientes, sem impor medidas onerosas, para que não sejam um obstáculo ao bom funcionamento das organizações. Desta forma, espera-se que os colaboradores olhem para as políticas de cibersegurança como diretrizes e não como obrigações (ENISA, 2017).

2.3.2 Consciencialização em Cibersegurança

A consciencialização em segurança da informação, mais concretamente em cibersegurança, é parte integrante da cultura de cibersegurança (ENISA, 2017). Nesse sentido, a consciencialização tem como objetivo fazer com que as pessoas estejam cientes e, idealmente, comprometidas com os objetivos de segurança da organização (Siponen, 2000). Pode ser considerada, essencialmente, como uma medida preventiva que tem como objetivo estabelecer os princípios e procedimentos de cibersegurança na mente de todos os colaboradores, alertando-os para os problemas de segurança existentes e as suas possíveis consequências (Kajava & Siponen, 2002, Woerner, 2012). Em suma, pretende-se concentrar a atenção dos colaboradores na cibersegurança e aumentar a sua preocupação e sensibilização com estes temas (Furnell, 2017; Wilson & Hash, 2003).

2.3.3 Formação em Cibersegurança

A formação em cibersegurança é um processo de ensino de competências e de utilização de ferramentas que tem como principal objetivo criar competências de segurança relevantes e necessárias em todos os colaboradores (Peltier, 2005; Zafra et al., 1998). Assim sendo, a formação procura ensinar competências mais específicas e, por isso, exige um papel mais ativo por parte dos colaboradores, quando comparado com a consciencialização (Wilson & Hash, 2003). Relativamente à sua duração, a formação caracteriza-se por ser geralmente de curto prazo, tendo uma duração habitual de dias ou semanas (Woerner, 2012).

2.3.4 Educação em Cibersegurança

A educação, neste contexto, procura aliar todas as competências de cibersegurança num estudo multidisciplinar desta área (Wilson & Hash, 2003). Assim sendo, para além dos conceitos fundamentais que são transmitidos, permite ainda a compreensão de ferramentas, técnicas e tecnologias relacionadas com a cibersegurança. Desta forma, a educação em cibersegurança caracteriza-se por ser um estudo formal de longo prazo, que compreende uma duração de meses ou anos (Woerner, 2012).

3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Tendo em conta o objetivo principal deste artigo, optou-se por se seguir uma abordagem de investigação qualitativa, de modo investigar em profundidade o objeto em estudo, alcançando uma maior compreensão do tema (Gil, 2008). Nesse sentido, foram realizadas entrevistas individuais para que se pudesse compreender a forma como os entrevistados observam, vivenciam e analisam o tema em estudo no seu contexto social e temporal, com base no seu conhecimento valores e crenças (Duarte, 2004).

Para além disso, todos os entrevistados são peritos e/ou investigadores em cibersegurança, pois foi este o critério de seleção definido. Esta escolha foi baseada no facto de estas pessoas lidarem diariamente com o tema abordado, estando por isso sensibilizados e familiarizados com a matéria em estudo numa ótica profissional, pelo que as suas respostas foram baseadas no seu conhecimento teórico e experiência profissional.

Relativamente ao número de entrevistados, este foi determinado pela saturação da informação recolhida, ou seja, depois de 7 entrevistas realizadas chegou-se à conclusão de que o leque de respostas dadas não sofria grande variação, pelo que poderiam ser retiradas conclusões fiáveis com base nas respostas obtidas.

Na tabela 1 é apresentada uma listagem com os detalhes de todas as entrevistas realizadas para recolha de dados para o presente trabalho. Todas elas foram realizadas no ano de 2019, mais concretamente entre os meses de agosto e setembro. Algumas destas entrevistas foram realizadas presencialmente (E1, E2, E3 e E5) e as restantes (E4, E6 e E7) foram realizadas remotamente, via telefone ou Skype.

Tabela 1. Detalhes das entrevistas realizadas. Fonte: elaboração própria com base em (Monzelo, 2018)

Ordem	Código	Duração (aprox.)	Tipo
1	E1	60 minutos	Presencial
2	E2	45 minutos	Presencial
3	E3	60 minutos	Presencial
4	E4	30 minutos	Remota
5	E5	30 minutos	Presencial
6	E6	15 minutos	Escrita + Remota
7	E7	45 minutos	Remota

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Em muitas organizações existe uma perceção errada do que é a cibersegurança e do que esta envolve. Isto deve-se ao baixo nível de maturidade de cibersegurança em muitas destas organizações. Muitas não estão cientes de que a cibersegurança implica uma sinergia entre pessoas, processos e tecnologia, pelo que se concentram apenas na tecnologia, negligenciando a importância do fator humano na cibersegurança (E1, E2, E4, E5 e E7). Contudo, não se pode generalizar, existem organizações que evidenciam ter uma visão holística da cibersegurança, ainda que representem uma percentagem muito mais reduzida do total das organizações (E3, E4 e E5).

4.1 Comportamentos e Características do Fator Humano

O fator humano desempenha um papel fundamental dentro das organizações, contudo é considerado um dos elos mais vulneráveis ou até mesmo um dos elos mais fracos das mesmas, ainda que a tecnologia também represente algumas vulnerabilidades (E1, E2, E3, E4, E6 e E7). Atualmente, muitos processos e tecnologias estão dependentes do fator humano pois é ele quem os decide, utiliza, desenvolve e implementa. Este elevado nível de importância traduz-se num maior nível de vulnerabilidade (E6).

O desconhecimento do fator humano relativamente à cibersegurança é algo alarmante e que deve ser corrigido. Este desconhecimento leva a que o fator humano pratique diversos comportamentos que colocam em causa a cibersegurança das organizações. Alguns destes comportamentos são a partilha indevida de passwords (E1 e E3), a partilha de informações privadas (E2 e E4), a partilha do e-mail profissional para fins pessoais (E2), a utilização pens como dispositivos de armazenamento (E3), o acesso a websites não fidedignos (E4), o não cumprimento das políticas e processos instituídos pela organização (E6) e a abertura de e-mails de remetentes desconhecidos (E2, E4 e E6), assim como a abertura dos respetivos URL e anexos (E2 e E4).

Associado ainda ao desconhecimento do fator humano, muitas pessoas consideram que as realidades onde se inserem estão perfeitamente separadas, ou seja, consideram que, por exemplo, o seu e-mail pessoal é completamente alheio às suas redes sociais. Contudo, isto não se verifica atualmente pois todas as realidades estão interligadas, pelo que o ataque a um dos vetores muito rapidamente pode ser escalado para outros. Neste sentido, não adianta ter o máximo de zelo com um dos vetores, se o mesmo não for feito com os restantes. (E7)

Para além do desconhecimento, mencionado acima, são várias as características intrínsecas ao fator humano que o levam a cometer erros que acentuam o fator de risco nas organizações e, por serem intrínsecas, acredita-se que não mudem (E1). Estas são algumas das características identificadas pelos entrevistados:

curiosidade (E1), distração (E1 e E3), necessidade de protagonismo (E2), disponibilidade para ajudar (E6), obediência a hierarquias (E6), dificuldade em avaliar o risco (E3) e facilidade em julgar negativamente quem questiona ou coloca dúvidas (E6).

4.2 Consequências dos Comportamentos do Fator Humano

Para além dos comportamentos acima apresentados, os ataques de engenharia social encontram-se cada vez mais aperfeiçoados, traduzindo-se em consequências bastante prejudiciais para as organizações (E1, E3 e E4). Estas poderão variar consoante a dimensão, modelo de negócio e mercado onde se insere a organização (E1).

Algumas das consequências resultantes dos comportamentos do fator humano são: danos reputacionais à organização (E1 e E2), perdas financeiras (E1, E2 e E6), paragem temporária ou definitiva da organização (E1), perda de quota de mercado (E1), perda de informações (E2, E3 e E6) e incumprimentos legais ou normativos (E6). De forma generalizada, todas estas consequências comprometem a integridade, disponibilidade e confidencialidade da segurança (E5). Atualmente, as consequências que mais preocupam as organizações são aquelas que estão relacionadas com o incumprimento da lei como, por exemplo, penalizações financeiras e paragem da organização temporariamente ou definitivamente (E6).

4.3 Soluções para Corrigir os Comportamentos do Fator Humano

“A cultura de cibersegurança aparece naturalmente em organizações que já têm uma cultura de gestão estruturada do risco. (...) Se não existir esta cultura estruturada, qualquer risco será sempre tratado de forma ad-hoc, quando é identificado ou se materializa (tipicamente é tratado tardiamente e de forma reativa).” (E6) Neste sentido, é de extrema importância para as organizações ter uma cultura de cibersegurança sólida (E3, E4 e E7) pois esta “torna a organização mais robusta e menos vulnerável, ainda que não exista cem por cento de segurança e alguns erros sejam sempre cometidos” (E1). Para que funcione corretamente, a cultura de cibersegurança deverá envolver todos os elos da cadeia, desde o C-level, passando por todos os departamentos da organização (E1 e E2). Atualmente, verifica-se a inexistência de uma cultura de cibersegurança sólida em muitas organizações em Portugal, associado a baixos níveis de maturidade. Contudo, existem exceções, pelo que algumas organizações já refletem a existência de uma cultura de cibersegurança sólida, aproximando-se da sua maturidade total (E5).

Como mencionado anteriormente, o desconhecimento está na origem de grande parte dos erros cometidos, onde a sensibilização é uma das soluções (E1). Deste modo, a consciencialização dos colaboradores é uma das principais linhas de defesa das organizações (E6). Contudo, tal como na cultura de cibersegurança, o nível de consciencialização dentro das organizações é muito reduzido, ainda que existam exceções (E2, E3 e E6).

Para alcançar uma mudança duradoura é necessário sensibilizar o fator humano e transmitir-lhe conhecimento de modo a que sejam criados bons hábitos, que serão também transferidos para a sua vida pessoal (E1 e E2). É importante que estes conhecimentos sejam “reciclados”, ou seja, são necessários add-ons à informação que é transmitida ao longo das ações de sensibilização e formação. Estes complementos devem ser feitos à medida que os desafios vão surgindo, de modo a incrementar o conhecimento do fator humano dentro das organizações, mantendo as pessoas atualizadas e preparadas para os riscos a que estão sujeitas. Caso contrário, se os colaboradores das várias camadas da organização não estiverem sensibilizados com o tema e se não tiverem o conhecimento suficiente dos perigos que os rodeiam e das consequências das suas ações ou inações, o nível de maturidade de cibersegurança da organização nunca evoluirá positivamente. (E2, E6 e E7)

Numa fase inicial, o fator humano olhará para algumas medidas de segurança como uma obrigação, tal como acontece com todos os novos hábitos que são inculcados no seu quotidiano. Contudo, as organizações, têm a obrigação de não impor apenas regras aos seus colaboradores, mas também de explicar as razões das medidas a seguir, de forma a garantir uma mudança duradoura (E5 e E6). É neste aspeto que muitas organizações falham atualmente (E6).

Para além disso, “o nível de literacia em cibersegurança não deveria ser apenas responsabilidade das organizações, mas também do Estado” (E5). Neste sentido, a educação em cibersegurança nas escolas é de extrema importância (E2, E3 e E7). Este será um dos pontos de partida para a criação de uma cultura de cibersegurança sólida (E2). Contudo, atualmente não existe uma valorização da literacia em cibersegurança, principalmente em idades mais jovens (E5), o que deveria estar a acontecer devido à introdução de tecnologias nas atividades das crianças desde muito cedo (E7). Para além disso, quanto mais jovens forem as pessoas, mais recetivas estarão a receber novas informações e conhecimento, o que poderia ser aproveitado para despertar a atenção das mesmas para este tema tão importante na sociedade (E2 e E7).

5. DISCUSSÃO

Segundo Raposo (2016), baseado em McCumber (2004), a cibersegurança deve ser vista como um conjunto de sinergias entre os três fatores estruturais das organizações: pessoas, processos e tecnologia. Contudo, muitas organizações não veem a cibersegurança desta forma, mas apenas como uma área relativa à tecnologia, descurando a importância dos restantes fatores, de entre os quais, as pessoas (E1, E2, E4, E5 e E7).

O autor Morgan (2017) afirma que a tecnologia está cada vez mais presente na vida das pessoas, revelando a existência de uma grande dependência pela mesma. Contudo, os entrevistados afirmam que as pessoas não se prepararam de modo a conseguir acompanhar o ritmo de mudança digital a que são expostas diariamente (E3, E4 e E7).

Apesar de a literatura afirmar que o fator humano é o elo mais fraco da cadeia de cibersegurança (Hadlington, 2017; Henshel et al., 2015; Mitnick & Simon, 2003; Ponemon Institute, 2016), alguns entrevistados mostraram não estar totalmente de acordo com a afirmação pois consideram que a tecnologia também apresenta diversas vulnerabilidades, até porque está dependente do fator humano para ser desenvolvida e implementada. Nesse sentido, afirmaram que o fator humano é um dos elos mais vulneráveis de uma organização, mas não é o único (E1 e E6). Por outro lado, outros entrevistados mostram plena concordância com o facto de o fator humano ser o elo mais fraco de uma organização no que toca à cibersegurança (E2, E3, E4 e E7). Em suma, apesar nem todos estarem de acordo com o tema, todos concordam que o fator humano deverá ser uma das maiores preocupações das organizações no que toca à cibersegurança, representando uma grande vulnerabilidade das mesmas.

Adicionalmente, a literatura defende que cada colaborador deve agir como um sensor, de modo a prevenir, detetar e reagir a eventuais ataques que possam surgir contra a organização (Martins et al., 2016). Deste modo, espera-se que exista uma cultura de cibersegurança sólida, onde as preocupações com cibersegurança sejam parte integrante do trabalho quotidiano de todos os colaboradores (ENISA, 2017). Para isso, processos de consciencialização, formação e educação do fator humano são fundamentais para tornar as organizações mais resilientes (Baptista, 2017). Apesar dos entrevistados estarem em concordância com a literatura, a realidade que estes identificam é que o nível existente de cultura de cibersegurança de muitas organizações em Portugal continua a ser muito inferior àquele que seria esperado, pelo que consideram que estas se encontram muito vulneráveis (E1, E2, E3, E4, E5, E6 e E7). Em suma, as organizações ainda têm um longo caminho a percorrer de forma a atingir uma cultura de cibersegurança sólida. Neste percurso, o fator humano será, mais uma vez, estritamente indispensável para o alcance deste objetivo, pelo que é fundamental que este tenha o conhecimento necessário para poder contribuir para a cibersegurança da organização.

6. CONCLUSÃO

Atualmente, o fator humano não está suficientemente preparado nem é suficientemente incluído na cibersegurança de uma organização, pelo que muitas questões de cibersegurança continuam a ser descuradas, sendo o desconhecimento e a falta de sensibilização os maiores problemas inerentes ao fator humano. Deste modo, as organizações devem olhar para a cibersegurança como um conjunto de sinergias e não apenas como uma questão tecnológica, pelo que devem incluir as pessoas nas suas políticas de cibersegurança. Desta forma, quanto mais o fator humano estiver preparado, mais resiliente será a organização.

Assim, pode-se concluir que o fator humano tem uma grande influência e, conseqüentemente, importância, na cibersegurança das organizações. Deste modo, tanto as suas ações, como inações, têm um grande impacto nos níveis de cibersegurança alcançados. Assim sendo, a solução que permite obter uma mudança duradoura é a criação de uma cultura de cibersegurança sólida, que pode ser alcançada através da consciencialização, formação e educação do fator humano.

AGRADECIMENTO

Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto de financiamento com a Referência UID/SOC/04521/2019.

REFERÊNCIAS

- AP2SI, 2016. *Inquérito à Segurança da Informação nas Instituições em Portugal*, s.l.: s.n.
- Baptista, I. M. A. S., 2017. *O fator humano na cibersegurança*, Lisboa: s.n.
- CERT, 2013. *Unintentional Insider Threats: A Foundational Study*, Pittsburgh: s.n.
- CERT, 2014. *Unintentional Insider Threats: Social Engineering*, Pittsburgh: CERT.
- Duarte, R., 2004. Educar em Revista. *Entrevistas em pesquisas qualitativas*, Volume 24, p. 219.
- ENISA, 2017. *Cyber Security Culture in organisations*, novembro.
- Furnell, S., 2017. *Security education and awareness: just let them burn?*, s.l.: s.n.
- Gil, A. C., 2008. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6ª ed. São Paulo: Atlas.
- Hadlington, L., 2017. Human factors in cybersecurity; examining the link between Internet addiction, impulsivity, attitudes towards cybersecurity, and risky cybersecurity behaviours. *Heliyon*.
- Henshel, D., Cains, M. G., Hoffman, B. & Kelley, T., 2015. Trust as a human factor in holistic cyber security risk assessment. Volume 3, pp. 1117-1124.
- ITU, 2008. Overview of cybersecurity. *Recommendation ITU-T X.1205*, abril.
- Kajava, J. & Siponen, M., 2002. IT Security Awareness - Issues for Industry.
- Leocádio, A. R. G., 2017. Segurança cibernética, pessoas, empresas e governos. Precisamos muito falar sobre isso. *Cibersegurança: educação digital e proteção de dados*, dezembro, Issue 18, p. 66.
- Martins, J. et al., 2016. Sensibilização e Treino em Cibersegurança: Exercício de Recolha de Informação. *Proelium*, 7(10), pp. 141-160.
- McCumber, J., 2004. *Assessing and Managing Security Risk in IT Systems: A Structured Methodology*. s.l.:Auerbach Publications.
- Mitnick, K. D. & Simon, W. L., 2003. *A Arte de Enganar*. s.l.:Pearson Education.
- Monzelo, P. M. C. S., 2018. *A função do chief information security officer nas organizações*, s.l.: s.n.
- Morgan, S., 2017. *2017 Cybercrime Report*, s.l.: Cybersecurity Ventures.
- Peltier, T. R., 2005. Implementing an Information Security Awareness Program. *Information Systems Security*, Volume 14, p. 37.
- Ponemon Institute, 2012. *The Human Factor in Data Protection*, s.l.: s.n.
- Ponemon Institute, 2016. *Managing Insider Risk through*, s.l.: s.n.
- Proofprint, 2019. *Human Factor Report*, s.l.: s.n.
- Raposo, R. G., 2016. *Gestão do risco e garantia da informação: a influência do fator humano e da ética na segurança da informação e cibersegurança nas organizações*, Lisboa: s.n.
- Siponen, M., 2000. A conceptual foundation for organizational information security awareness. *Information Management & Computer Security*, março, pp. 31-41.
- Wilson, M. & Hash, J., 2003. Building an Information Technology Security Awareness and Training Program. *Special Publication*, outubro.
- Woerner, R., 2012. *Cybersecurity education vs. cybersecurity training*. [Online] Available at: <https://searchsecurity.techtarget.com/magazineContent/Cybersecurity-education-vs-cybersecurity-training> [Acedido em 25 setembro 2019].
- Zafra, D. E. d., Pitcher, S. I., Tressier, J. D. & Ippolito, J. B., 1998. Information Technology Security Training Requirements: A Role- and Performance- Based Model. *NIST Special Publication*, abril.

MAPEAMENTO COLABORATIVO DE TURISTAS E RESIDENTES EM REDES SOCIAIS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO *GROUNDED THEORY*

Aline Moraes¹, Alana Moraes¹ e Eduardo Serafim²

¹IESP Centro Universitário, Cabedelo, PB, Brasil

²Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil

RESUMO

Redes Sociais (RSs) representam um tipo de comunidade virtual cujos conteúdos são fomentados pela interação dos usuários. Entender com são as nuances da participação individual nas RGs podem representar um recorte do comportamento da sociedade, sob diversas perspectivas. Nesse sentido, este trabalho tem como foco a elaboração de uma estratégia de mapeamento da participação de usuários em RSs sobre eventos turísticos. Será realizada uma análise qualitativa, com a aplicação do método *Grounded Theory*, a respeito das informações partilhadas por dois grupos específicos de usuários: turistas e residentes. O intuito desse método é desvendar se os grupos de usuários apresentam um padrão de comportamento qualitativo na RS. A comunidade escolhida é uma RS sobre um evento turístico brasileiro, chamado de São João, na cidade de Campina Grande, Paraíba. Além da presença de uma metodologia qualitativa, no contexto de RSs, outra importante contribuição deste trabalho diz respeito à descoberta das peculiaridades na participação dos grupos de usuários, de acordo com suas condutas na RS.

PALAVRAS-CHAVE

Sistema Colaborativo, Rede Social, Evento Turístico, Brasil, *Grounded Theory*, Colaboração, Turista, Residente

1. INTRODUÇÃO

Redes Sociais (RSs) representam um tipo de comunidade virtual, no qual a participação dos usuários é superestimada. Isso porque, nesses sistemas, a maior parte do conteúdo inserido é fomentada pelos seus próprios participantes e, por isso, existe uma valorização sobre as interações executadas.

O principal desafio na construção e manutenção das RSs diz respeito à elaboração de estratégias, capazes de reter seus usuários dentro dessas comunidades. Essas ações afetam desde a criação de uma arquitetura particular até técnicas de recomendação dentro das RSs. Nesse sentido, se destaca o desenvolvimento de metodologias capazes de analisar usuários dentro dessas comunidades a fim de promover essas melhorias.

Portanto, o presente trabalho relata uma estratégia de mapeamento qualitativo sobre grupos de usuários, de acordo com seu nível de experiência, em uma comunidade sobre um evento turístico brasileiro. A abordagem é executada a partir de dados coletados de uma entrevista com grupos de colaboradores de uma comunidade na RS. O objetivo principal desse mapeamento é extrair uma teoria inicial sobre o comportamento participativo de dois grupos específicos de usuários.

A escolha por analisar dois tipos específicos de participantes ocorre porque eles são presença permanente em qualquer RS com temática turística. Esses grupos de usuários são os turistas e os residentes. Outra razão é a escassez de análises sobre RSs voltadas para eventos turísticos no Brasil. Entender separadamente turistas e residentes é essencial para mapear se as impressões e os comportamentos desses usuários variam na RS, de acordo com suas experiências sobre o evento.

Embora turistas e residentes tenham vivências diferentes sobre uma cidade, incluindo suas festividades, eles oferecem experiências úteis e distintas para todos os usuários da RS. Os resultados obtidos com esses mapeamentos são importantes para a elaboração de mecanismos sensíveis ao tipo de usuário colaborador.

O trabalho será organizado da seguinte forma. Inicialmente, foi descrito os pontos introdutórios do trabalho. Na seção 2, conceitos importantes para o mapeamento realizado serão abordados. Na seção seguinte, serão expostos os detalhes metodológicos da estratégia de mapeamento. O capítulo 4 relata a execução e os resultados obtidos com a aplicação do método qualitativo *Grounded Theory*. Por fim, será definida a teoria e as conclusões da estratégia utilizada.

2. TRABALHOS CORRELATOS

De acordo com White e White (1986), lar tem conotação emocional e social em relação a um lugar em específico. Entretanto, lar e lugar, apesar de estarem ligados na mesma definição, apresentam significados distintos. De acordo com Buttimer (1980), o termo lar tem significado social que mantém residentes envolvidos em suas redes não baseadas em locais. Por outro lado, o lugar é constituído particularmente pelas relações sociais e como elas são construídas e negociadas. Portanto, lar reúne memória e saudade, o afetivo e o físico, o espacial e o temporal, o local e o global, o positivo e o negativamente avaliado (RAPPORT e DAWSON, 1998).

Um turista, na maioria dos casos, é caracterizado como um “forasteiro” com pouco conhecimento sobre locais da cidade visitada (Gaete-Villegas et al, 2012). A atividade turística representa um domínio desafiador para os RSs prestarem suporte, pois é alta a variedade das experiências e colaborações que os turistas podem oferecer para o RS. O trabalho de Su e Wall (2010) relata que turistas participam de comunidades fora da sua zona de experiência a fim de aprender algo sobre o lugar.

De acordo com Hallot, Stewart e Billen (2015); uma pessoa que vivencia a cidade há longo prazo tem a oportunidade de visitar atrações locais quantas vezes quiser e pode ter conhecimento sobre atrações próximas à sua área de interesse. Esses hábitos permitem que residentes apresentem uma experiência profunda sobre o evento e isso gera impacto na comunidade. Em RSs, alguns trabalhos já ressaltam a importância da opinião de residentes em comunidades turísticas (Andereck et al, 2007; Stankov, Lazic e Dragicevic, 2010; Romain, 2016).

Na literatura, as peculiaridades existentes entre turistas e residentes dentro de RSs já foram abordadas em diversos trabalhos (Dellaert, 2000; Palen, Hiltz e Liu, 2007; Hallot, Stewart e Billen, 2015; Morais e Andrade, 2014; Berrozpe, Lasarte, Martínez, 2016). Por exemplo, há mapeamentos sobre as preferências (Signoretti e Martins, 2017; Morais e Andrade, 2014), impacto social (Andereck et al, 2005) e peculiaridades na interação (Tesyla e Ponomarev, 2016; Berrozpe, Lasarte e Martínez, 2016) de turistas e residentes em RSs. Todavia, é importante ressaltar que uma parcela reduzida dos trabalhos se refere a turistas e residentes em RSs brasileiras (Morais e Andrade, 2014) e não há uma padronização no processo de análise.

Alguns trabalhos já detectaram aspectos do comportamento particular de turistas e residentes em RSs (Berrozpe, Lasarte e Martínez, 2016), inclusive com temática turística (Morais e Andrade, 2014). Tais comportamentos são relacionados às suas preferências e participações (criação e compartilhamento de conteúdo) na RS. Entretanto, não está claro como seria a distinção no perfil colaborativo desses grupos qualitativamente.

3. METODOLOGIA

O objetivo desse trabalho é aplicar uma análise qualitativa sobre a participação dos usuários, capaz de mapear comportamentos, dentro das RSs, dos turistas e residentes. Para que esses grupos de participantes estejam no máximo equilíbrio quantitativo, é necessário que a observação seja realizada durante ou próximo ao evento da comunidade turística.

A festividade escolhida se refere ao São João da cidade de Campina Grande. Esse acontecimento representa um evento cultural com 30 dias de festividades no mês de junho em toda a cidade. Durante esse período, Campina Grande, que possui aproximadamente 410 mil habitantes, recebe quase dois milhões de visitantes. A comunidade virtual selecionada é intitulada “Campina Grande – O Maior São João do Mundo”¹ e trata de assuntos relacionados ao evento turísticos do São João, na cidade Campina Grande, no ano de 2014. Atualmente, existem cerca de 123.211 usuários cadastrados na comunidade, muitos deles registrados na época do São João. Essa página é a comunicação direta dos organizadores do evento com os frequentadores do São João. Além disso, a comunidade apresenta diversos tipos de conteúdo, como: a) contagem regressiva para o evento, b) horários de funcionamento dos estabelecimentos turísticos, c) notícias sobre a segurança da cidade, d) propagandas de serviços para turistas, e) notificações de mudanças na programação do evento, entre outros.

O presente estudo tem como pergunta de pesquisa: Como turistas e residentes colaboram nas comunidades sobre um evento turístico brasileiro? Para respondê-la, é necessário entender alguns pontos importantes, como:

¹Disponível em: <https://www.facebook.com/maiorsjdomundo/>

a) o tipo de interesse dos grupos de usuários na comunidade; b) a visão dos tipos de usuários sobre o papel da comunidade antes, durante e depois do evento turístico; c) as necessidades dos participantes na comunidade; d) grau de participação dos entrevistados na comunidade e e) o grau de comprometimento de turistas e residentes depois do evento.

Para o mapeamento, é aplicada uma entrevista com turistas e residentes voluntários que são participantes da comunidade do Facebook, apresentada anteriormente. Com os dados da entrevista, é realizada uma análise qualitativa utilizando o método do *Grounded Theory*, cujo processo será explicado a seguir.

3.1 Etapas do *Grounded Theory*

Vale ressaltar que todos os entrevistados tinham participado do São João de Campina Grande previamente. Além disso, a entrevista é estruturada (MILES e HUBERMAN, 1994) em 11 perguntas sobre as impressões do usuário a respeito de suas preferências e comportamentos dentro da comunidade antes, durante e depois do São João. A duração média da entrevista foi de aproximadamente nove minutos e foram registradas no formato de áudio, por meio de ferramentas como Skype, Google Hangout e WhatsApp. Além disso, antes da realização da entrevista, foi questionado a todos os usuários se permitiam a análise das respostas dadas, com a garantia do anonimato da entrevista. Após esse processo, todas as entrevistas foram transcritas pelo software ATLAS.ti². O procedimento utilizado na análise dos dados, se apoia no uso de um método de comparação sistemática chamado *Grounded Theory* (GLASER e STRAUSS, 1967). Esse método consiste em 8 etapas (SELDÉN, 2005), como mostra a Figura 1:

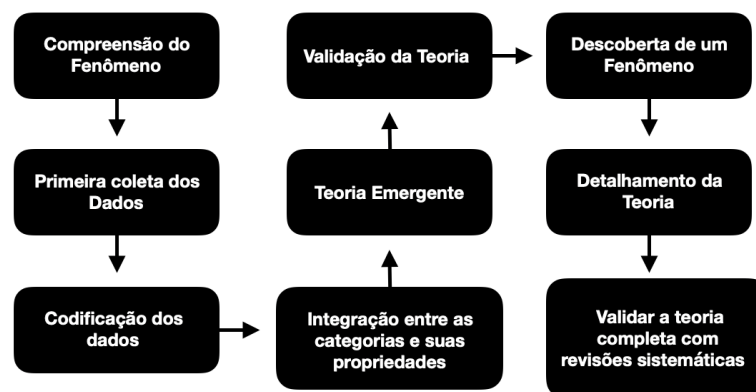


Figura 1. Etapas do método *Grounded Theory*

Inicialmente, o pesquisador precisa tomar nota de todos os possíveis fenômenos: se um simples fenômeno estiver faltando, muitos relacionamentos também poderão estar faltando. Nesta etapa o pesquisador toma nota de todas as ideias ou impressões que surgirem no momento da coleta dos dados (GLASER e STRAUSS, 1967). Isso significa a realização de uma pré-análise do dado coletado, para que nenhuma percepção seja perdida.

De acordo com a Figura 1, a primeira coleta de dados envolve observação, entrevistas, grupos focais e outros. Somente em estágios posteriores é recomendada a revisão da literatura. A busca por referências paralelas na literatura é recomendada apenas depois de delinear a teoria, a partir dos dados.

Em seguida, o processo de codificação dos dados define as variáveis em categorias e suas propriedades. O processo de codificação é resultado dos questionamentos sobre as relações e da construção de respostas provisórias sobre as categorias. Essa etapa objetiva especificar a natureza e a dimensão de cada conceito que se origina dos dados, bem como suas condições estruturais, consequências, desvios, normas, processos, padrões e sistemas (WELLS, 1995).

²Disponível em: <https://atlasti.com/>

O objetivo da próxima etapa é buscar uma integração entre as categorias e suas propriedades. Nesta fase, o importante é buscar pelo desenvolvimento dos relacionamentos, a partir dos conceitos construídos. É importante fazer comparações sistemáticas entre similaridades e diferenças encontradas nos dados para criar as categorias. É sugerido que o pesquisador tenha uma postura crítica consigo mesmo. A categoria mais recorrente deveria ser utilizada como a categoria principal dentro da pesquisa.

A teoria emergente deve ser delimitada a partir das categorias principais que emergiram da pesquisa. Perseguir os relacionamentos que tenham significado com as categorias principais enquanto se descartam os relacionamentos irrelevantes. O interessante é reduzir o número de categorias e construir uma teoria simples e bem definida.

Quando um fenômeno é descoberto em um estudo de caso, se deve buscar paralelos em outros estudos, para aumentar a validade da pesquisa. As categorias criadas e definidas durante a pesquisa devem sofrer um processo de saturação de dados. Este processo ocorre quando o pesquisador vai a campo e não retorna com novos dados. A partir desta etapa, inicia-se o processo de *sorting*, no qual se organizam logicamente as categorias e suas propriedades para depois começar a escrever sobre elas.

A penúltima etapa se refere a selecionar categorias baseadas nos relacionamentos e a escrever sobre a teoria que emergiu delas. Ao contrário de outras abordagens para a construção de teorias, o *Grounded Theory* considera a etapa de escrever a teoria como parte integrante do processo de pesquisa. Isto significa que a qualquer momento o pesquisador pode retornar aos dados ou ao campo para análise dos dados ou coleta de novos dados.

A última etapa consiste em validar as ideias da teoria, utilizando uma amostragem teórica. É necessário selecionar uma nova amostra para testar a teoria desenvolvida. Baseado nos resultados, provavelmente, futuras pesquisas e revisões poderão ser necessárias. O presente trabalho executou ações a partir da Etapa 3, pois as entrevistas haviam sido realizadas previamente à escolha do método. O *Grounded Theory* envolve a descoberta de uma teoria pela análise dos dados, capaz de explicar como um aspecto do mundo real funciona.

4. APLICAÇÃO DO *GROUNDING THEORY*

Uma entrevista³ foi realizada com 9 participantes da comunidade do Facebook “Campina Grande – O Maior São João do Mundo”, sendo 5 turistas e 4 residentes, no mês de novembro de 2013. Embora a quantidade de entrevistados possa parecer uma ameaça à validade, o montante se mostra eficiente para demonstrar a estratégia de mapeamento proposta como um estudo de caso para aplicação da técnica.

Após a etapa de transcrição das entrevistas, foi iniciado o processo de codificação das respostas. Assim, 54 códigos que indexam as respostas transcritas dos usuários foram criados. Vale ressaltar que o processo de codificação foi aberto, seletivo (considerado apenas os registros em áudio) e axial, além de ter sido feito com auxílio da ferramenta ATLAS.ti.

Os códigos gerados são abstratos e salvos em um *codebook*⁴, que tem como objetivo categorizar e definir cada um dos rótulos criados. Alguns códigos não foram previstos inicialmente neste estudo, como por exemplo “Não gosta de ser expor” que mostra que existem participantes que se sentem desconfortáveis em colaborar publicamente na comunidade. No que se refere aos códigos não-previstos, alguns códigos merecem destaque:

- *Curiosidade*: expressa o motivo pelo qual o usuário aderiu a comunidade;
- *Meios de transporte*: expressa o tipo de informação que desperta o interesse de um entrevistado da comunidade durante o evento turístico.

Seguindo o processo do *Grounding Theory*, a definição dos códigos permite identificar variáveis e valores que turistas e residentes têm sobre a comunidade. Inicialmente, esses códigos foram derivados da identificação de similaridades entre códigos, grupos e nomeações para que pudessem ser indicados em uma *issue*⁵. Baseado nisso, a pergunta de pesquisa foi subdividida em níveis menores de questionamentos para que os códigos pudessem ser associados e comparados entre si. Portanto, foram elaboradas as *issues* para definir que códigos

³Disponível em: <https://docs.google.com/document/d/1gsidIj8QuNCJT3mHLUjQiIyZxuPrMOqG6eMeqKXB7vQ/edit>

⁴Disponível em:

<https://docs.google.com/spreadsheets/u/3/d/1e7gvWX2pfYTVWYpekUHOcqqMY99OM5bLrdvrcvh7FjQ/edit?usp=sharing>

⁵Disponível em: <https://docs.google.com/document/d/1DcJNtabKWQMAvRWbX2k31Jrsb8vMHpIdzqCW7FELdAs/edit>

são associadas entre si e como esses padrões se repetem entre turistas e residentes.

Nesse ponto da análise qualitativa, é possível pensar em aspectos que respondam partes da nossa pergunta de pesquisa central. Assim, foi elaborada uma tabela de aspectos⁶, capazes de extrair categorias dos dados. Os principais aspectos extraídos desse processo foram:

- *Interesse em informações extras*: relação com os aspectos *Evento, Turistas e Residentes*;
- *Interesse em informação da programação*: relação com os aspectos *Evento, Turistas e Residentes*;
- *Expectativa*: apresenta relação com os aspectos *Época da interação, Residentes, Turistas, Experiência*.
- *Evento*: tem relação com os aspectos de *Experiência e Programação*.

Após as categorias serem definidas na tabela de aspectos, é possível interpretar os relacionamentos descobertos. Observando o comportamento das categorias, é detectado que tanto turistas quanto residentes buscam inicialmente na comunidade por informações sobre evento relacionados à programação e informações extras sobre os locais:

“...Gostaria de ver o que eu poderia fazer ao longo do mês na cidade, quais eram os passeios turísticos...” (residente)

“...Ver dicas de locais, de eventos, quais serão as atrações, esse tipo de coisa. Mais informações do evento em si...” (turista)

A expectativa de turistas e residentes sobre a comunidade tem relação direta com a época em que a interação acontece. Durante o evento turístico, turistas esperam que a comunidade tenha informações voltadas para eles e sobre o evento. Já residentes esperam informações de divulgação do evento turístico durante todo o ano. A única expectativa em comum entre turistas e residentes é em relação às expectativas de informações sobre locais da cidade, que visivelmente podem ser úteis para os dois tipos de usuários:

“...a comunidade dá uma descrição resumida sobre o local, embora a maioria dos eventos ocorresse dentro do Parque do Povo...” (residente)

“...Os lugares que devem ser melhor frequentados, informar onde você deve ir...” (turista)

Depois do evento turístico, a expectativa de turistas e residentes em relação à RS alterou sutilmente. Os turistas após o evento esperam obter da comunidade informações do evento e de locais da cidade. Enquanto isso, residentes esperam que depois do evento informações não-triviais sobre os locais sejam compartilhadas. Nesse ponto, vale ressaltar também que alguns entrevistados criticaram a diminuição no volume de dados na comunidade, depois do evento turístico.

“...não percebi isso porque a comunidade depois do São João ela fica sem muito acesso” (turista)

“...A página parou depois que acabou o evento...” (residente)

“...Eu nunca reparei na comunidade em nenhum tipo de postagem...” (residente)

Essa crítica feita por turistas e residentes pode ser um dos motivos responsáveis pela diminuição no comprometimento de alguns entrevistados após o fim do São João:

“...Eu sei da comunidade...”

A temática sazonal da comunidade pode ser outro indicativo da oscilação do comprometimento dos usuários na RS. Com o fim do evento, o interesse dos usuários pode se encerrar também. Além disso, turistas e residentes alegaram comportamentos semelhantes na interação com a comunidade ao longo do tempo. Tanto turistas quanto residentes são mais ativos na comunidade - criam, compartilham e curtem informações - durante o evento turístico. Com o fim da alta temporada, o comportamento dos grupos de usuários se torna mais passivo, chegando a se tornarem *lurkers* - usuários que não interagem na comunidade (Kollock e Smith, 1996):

⁶ Disponível em: <https://docs.google.com/document/d/1DcJNtabKWQMAvRWbX2k31Jrsb8vMHpIdzqCW7FELdAs/edit>

“...Minha posição na comunidade era mais de telespectadora, ou seja, preferia mais observar o que me era repassado...” (turista)
 “...Eu sempre fui muito passiva às informações... não curto, nem compartilho...” (residente)

Por fim, foi investigado se algum dos grupos admitiu, em sua maioria, ser participativo na comunidade. A presença de *lurkers* é incentivada na comunidade porque o principal gerador de conteúdo é o próprio administrador do sistema. Isso certamente não define a teoria da massa crítica (RABAN, MIHAI e QUENTIN, 2010), pois a maioria das informações compartilhadas na comunidade após o evento partem de um usuário. O risco dessa comunidade estagnar quando o provedor de informação parar é muito alto devido a comportamento de *homo-economus* dos usuários.

Baseada na discussão prévia sobre as principais categorias que definem as preferências de turistas e residentes na comunidade sobre o São João, é possível definir o seguinte mapa conceitual das principais categorias e seus relacionamentos, como mostra a Figura 2.

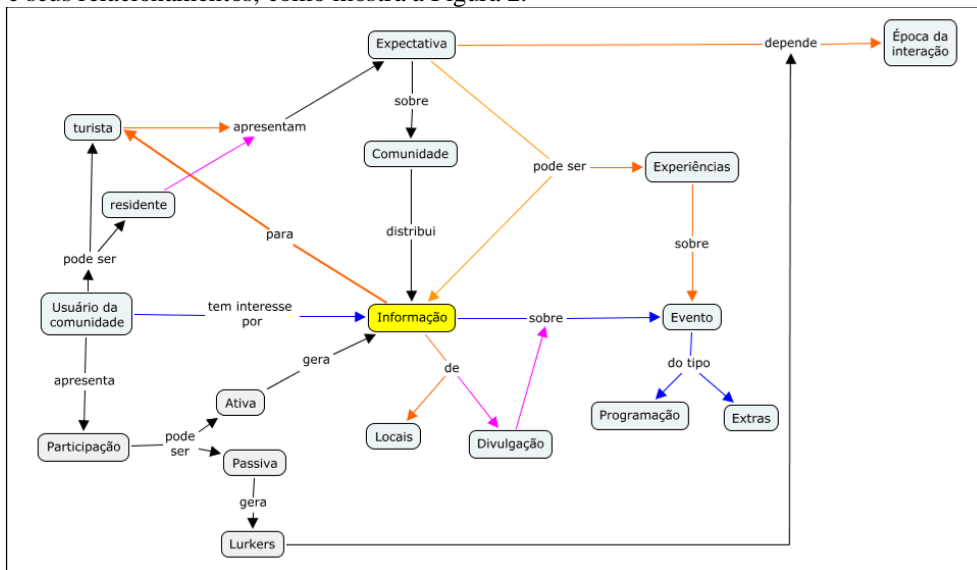


Figura 2. Mapa conceitual das principais categorias extraídas com *Grounded Theory*

Retomando o questionamento da pesquisa (Como turistas e residentes colaboram nas comunidades sobre um evento turístico brasileiro?), o mapeamento realizado foi capaz de oferecer subsídios para a elaboração da seguinte resposta:

Aparentemente, a participação de turistas e residentes dependerá da época da interação na comunidade e o tipo de usuário que está interagindo na RS sobre o evento turístico. Se for um turista durante um evento, ele busca aprender com informações que ofereçam experiências sobre eventos e locais da cidade. Se for um residente, sua expectativa é por informações relacionadas à divulgação do local. Após o evento, turistas ainda se interessam por informações dos eventos e dos locais, enquanto o residente espera obter informações não-triviais sobre os locais. Por fim, em ambos os grupos apresentam um comprometimento heterogêneo ao longo do tempo na RS.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou a execução de um mapeamento qualitativo sobre a participação de grupos de usuários numa RS com temática turística. A análise desses grupos foi realizada através da aplicação do método *Grounded Theory*. Esse mapeamento mostrou como a adoção de uma estratégia de análise qualitativa é capaz de extrair aspectos importantes que definem características colaborativas. A resposta extraída com a aplicação do método *Grounded Theory* delimita possíveis direcionamentos adotados nas etapas futuras dessa

investigação. Portanto, esse método se mostrou eficiente em pesquisas onde pouco se sabe sobre o cenário de observação.

Este trabalho apresentou ao longo de sua elaboração duas ameaças à validade. A primeira se refere à quantidade pouco significativa de entrevistados. O segundo ponto se refere à ausência de métodos quantitativos que mostram uma significância estatística dos resultados.

A quantidade limitada de entrevistados não invalida os resultados obtidos, pois o presente trabalho visa demonstrar como a execução do método do *Grounded Theory* é capaz de extrair resultados interessantes para o mapeamento dos usuários de uma comunidade.

Com relação à ausência de métodos quantitativos, que são tão presentes em análises de redes sociais, não feriu os resultados obtidos. O *Grounded Theory* é um método qualitativo largamente utilizado em outras áreas e que tem sua eficiência confirmada há muitos anos. E, como foi mencionado anteriormente, essa técnica dá embasamento para as etapas iniciais de mapeamento de uma pesquisa sobre RS.

Assim como nas avaliações de outros trabalhos, turistas e residentes apresentaram preferências diferentes na RS. A partir das discussões levantadas é possível propor *design claims* que podem melhorar a interação na comunidade:

- **Design claim 1:** a criação de informações por um grupo de usuários depois do evento turístico mantém a colaboração de turistas e residentes na comunidade;
- **Design claim 2:** o comprometimento dos usuários pode ser aumentado se os administradores da comunidade incentivarem a participação com mensagens de reforço positivo privadas;
- **Design claim 3:** informações atualizadas para turistas que queiram se planejar antes do São João pode aumentar o seu comprometimento com o sistema;
- **Design claim 4:** deve existir um limite no número de *lurkers* na comunidade para que a autonomia da RS permaneça num nível aceitável.

Cada tópico relatado anteriormente será um experimento particular a ser desenvolvido na pesquisa sobre RS. Dessa forma, novos mapeamentos serão executados e, como consequência, novas melhorias poderão ser propostas para o contexto de RSs.

REFERÊNCIAS

- Akcora, C. G., Carminati, B., & Ferrari, E. (2011, August). Network and profile based measures for user similarities on social networks. In 2011 IEEE International Conference on Information Reuse & Integration (pp. 292-298). IEEE.
- Andereck, K. L., Valentine, K. M., Knopf, R. C., & Vogt, C. A. (2005). Residents' perceptions of community tourism impacts. *Annals of tourism research*, 32(4), 1056-1076.
- Andereck, K. L., Valentine, K. M., Vogt, C. A., & Knopf, R. C. (2007). A cross-cultural analysis of tourism and quality of life perceptions. *Journal of Sustainable Tourism*, 15(5), 483-502.
- Dellaert, B. G. (2000). Tourists' valuation of other tourists' contributions to travel Web sites. In *Information and Communication Technologies in Tourism 2000* (pp. 293-302). Springer, Vienna.
- Gaete-Villegas, J., Cha, M., Lee, D., & Ko, I. Y. (2012, September). Transnet: A mobile social network application for tourism. In *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing* (pp. 1004-1011). ACM.
- Glaser, B. G., Strauss, A. L., & Strutzel, E. (1968). The discovery of grounded theory; strategies for qualitative research. *Nursing research*, 17(4), 364.
- Hallot, P., Stewart, K., & Billen, R. (2015, November). Who are my Visitors and Where do They Come From? An Analysis Based on Foursquare Check-ins and Place-based Semantics. In *Eurographics Workshop on Urban Data Modelling and Visualisation 2015* (pp. 55-58).
- Kollock, P., & Smith, M. (1996). Managing the virtual commons. *Computer-mediated communication: Linguistic, social, and cross-cultural perspectives*, 109-128.
- Miles, M. B., Huberman, A. M., Huberman, M. A., & Huberman, M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Sage.
- Morais, A., & Andrade, N. (2014). The Relevance of Annotations Shared by Tourists and Residents on a Geo-Social Network During a Large-Scale Touristic Event: The Case of São João. In *COOP 2014-Proceedings of the 11th International Conference on the Design of Cooperative Systems, 27-30 May 2014, Nice (France)* (pp. 393-408). Springer, Cham.
- Palen, L., Hiltz, S. R., & Liu, S. B. (2007). Online forums supporting grassroots participation in emergency preparedness and response. *Communications of the ACM*, 50(3), 54-58.

- Raban, D. R., Moldovan, M., & Jones, Q. (2010, February). An empirical study of critical mass and online community survival. In *Proceedings of the 2010 ACM conference on Computer supported cooperative work* (pp. 71-80). ACM.
- Romain, H. A. (2016). *Collective Knowledge, Individual Experience, and Sharing Strangers' Homes: The Effects of Digital Technologies on Tourism Consumption*.
- Selden, L. (2005). On grounded theory—with some malice. *Journal of Documentation*, v. 61, n. 1, p. 114-129.
- Stankov, U., Lazić, L., & Dragicević, V. (2010). The extent of use of basic Facebook user-generated content by the national tourism organizations in Europe. *European Journal of Tourism Research*, 3(2), 105-113.
- Su, M. M., & Wall, G. (2010). Implications of host-guest interactions for tourists' travel behaviour and experiences. *Turizam: međunarodni znanstveno-stručni časopis*, 58(1), 37-50.
- Teslya, N., & Ponomarev, A. (2016, November). Smart tourism destination support scenario based on human-computer cloud. In *2016 19th Conference of Open Innovations Association (FRUCT)* (pp. 242-247). IEEE.
- Torresan, A. (2001). Migrants of Identity: Perceptions of Home in a World of Movement. *American Ethnologist*, 28(2), 501-502.
- Wells, K. (1995). The strategy of grounded theory: Possibilities and problems. *Social Work Research*, Washington, DC, v.19, n.1, p.33-37, Jan./Apr. 1995.
- White, N. R., & White, P. B. (2007). Home and away: Tourists in a connected world. *Annals of Tourism Research*, 34(1), 88-104.

SISTEMA DE APOIO AO TURISMO ACESSÍVEL: ESTUDO E CONCEPTUALIZAÇÃO DE UMA APLICAÇÃO WEB

Pedro Teixeira¹, Leonor Teixeira² e Celeste Eusébio³

¹DEGEIT - University of Aveiro

²IEETA / GOVCOPP / DEGEIT - University of Aveiro

³GOVCOPP / DEGEIT - University of Aveiro

Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

RESUMO

As tecnologias de informação e da comunicação têm tido, cada vez mais, um papel crucial na área do turismo. Uma das áreas que mais pode vir a beneficiar das tecnologias é, claramente, a área do turismo acessível. No entanto, o turismo acessível, apesar de estar associado a um mercado com grande potencial, é ainda fortemente ignorado, pela existência de algumas barreiras. Soluções de base tecnológica podem ajudar a contornar alguns obstáculos, elevando o potencial deste mercado. Desta forma, o presente trabalho visa apresentar um estudo na área do turismo acessível, por forma a compreender os principais requisitos deste tipo de mercado e, conseqüentemente, conceptualizar uma solução Web, com o propósito de promover o turismo inclusivo. Para a conceptualização da solução adotou-se uma metodologia baseada na triangulação de métodos, seguindo-se a construção do modelo, com recurso à notação UML (*Unified Modeling Language*). Dada a importância deste tipo de soluções e dada a falta das mesmas no âmbito do turismo acessível, espera-se, com este estudo, contribuir com uma resposta positiva às necessidades levantadas no âmbito daquele mercado, ao mesmo tempo que se contribui com uma proposta de uma solução tecnológica que pode vir (i) a garantir as condições de acessibilidade na prática do turismo, por parte da procura, e (ii) a ajudar na promoção dos produtos e serviços acessíveis por parte da oferta.

PALAVRAS-CHAVE

Turismo Acessível, Aplicação Web, Modelo UML, Requisitos Funcionais, Requisitos Não-Funcionais

1. INTRODUÇÃO

O turismo é um setor em desenvolvimento, registando claros impactos económicos, tanto a nível nacional como internacional (Milicchio and Proserpi, 2016). O turismo acessível, tem acompanhado esta tendência, uma vez que se tem registado um aumento de turistas com algum tipo de necessidade ou incapacidade, situação que torna este mercado cada vez mais importante (Bekiaris et al., 2018). De entre os vários critérios de acessibilidade existentes para dar resposta a este mercado, tem-se, por um lado, a componente da acessibilidade física (infraestruturas), por outro, a componente da acessibilidade de comunicação que inclui, não só a disponibilização de informação sobre a acessibilidade, como também o nível de acessibilidade com que essa informação é comunicada. Para esta última componente, nomeadamente para garantir a acessibilidade na comunicação, releva-se o importante papel das tecnologias de informação e da comunicação (TICs) (Buhalis and Michopoulou, 2011). Na verdade, a era da digitalização a que atualmente se assiste tem promovido a criação de diferentes tipos de soluções tecnológicas, que, por sua vez, potenciam a criação de novos modelos de negócio ajustados a uma realidade mais digital. Na sua definição mais tradicional, e do ponto de vista organizacional, um Sistema de Informação (SI) pode ser definido como uma combinação de procedimentos, dados/informação, pessoas e tecnologias, que quando eficientemente combinados, potenciam o alcance dos objetivos definidos na estratégia de uma organização (Alter, 1992, p.7). Quando estes SI são usados para gerir e comunicar a informação de forma distribuída, usando para o efeito a rede da Internet, assumem a designação de SI baseados na Web (Yi and Hwang, 2003).

O uso de SI, particularmente os suportados na Web, pode representar uma condição *sine qua non* para a promoção de condições de acesso à prática do turismo por parte de pessoas com algum tipo de necessidade especial ou incapacidade, na medida em que facilitam o acesso a diferentes atividades turísticas, combatendo assim a exclusão social. Este tipo de soluções tecnológicas, não só potenciam experiências turísticas a qualquer pessoa, independentemente do seu grau de necessidade ou incapacidade, como asseguram um maior valor ao cliente, ajudando na sua integração social.

Apesar dos benefícios que advêm do uso deste tipo de soluções tecnológicas, atualmente ainda se regista uma evidente falta de plataformas orientadas à promoção do turismo acessível. Como tal, é objetivo deste trabalho apresentar um estudo que culmine na proposta de um modelo de uma plataforma Web (a que se deu o nome de AccessTour@WebApp) capaz de mediar as necessidades de informação entre a procura e a oferta, no âmbito do turismo acessível.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Turismo Acessível

O Turismo é uma atividade económica e social de grande relevância (Turner, 2017). De notar que o desenvolvimento desta atividade não só proporciona benefícios para os seus praticantes, como também para os agentes económicos que integram este setor. No entanto, existem ainda muitos grupos na nossa sociedade que não conseguem participar de forma plena em atividades turísticas, devido a diversas barreiras (Buhalis and Darcy, 2011, p.50). Neste sentido, alguns autores que trabalham nesta área do conhecimento têm recomendado a criação de condições que promovam a acessibilidade dos destinos turísticos, por forma a ajudar a proporcionar experiências turísticas a todas as pessoas, independentemente do seu grau de incapacidade ou necessidade (Michopoulou et al., 2015). Assim, o desenvolvimento do turismo acessível torna-se indispensável para a inclusão de pessoas com incapacidades na sociedade, sendo necessário o envolvimento de todos os *stakeholders* do sistema turístico, no sentido de disponibilizar produtos e serviços turísticos adequados, adaptados e acessíveis.

O mercado de turismo acessível inclui pessoas com diferentes necessidades a nível físico e de comunicação (Michopoulou and Buhalis, 2013), mais propriamente pessoas com incapacidades físicas, mentais e intelectuais ou com incapacidades a nível dos diferentes sentidos, dificultando a sua participação ativa na sociedade (United Nations, 2006, p.4). A percentagem de turistas com incapacidades representa já um segmento de mercado muito importante, sendo que o desenvolvimento deste tipo de turismo depende fortemente da criação de condições para que seja possível um turismo inclusivo. De facto, esta necessidade potencia o aparecimento de novas oportunidades de negócios por parte das diferentes entidades que operam na cadeia do turismo, nos quais se incluem, por exemplo, as unidades de alojamento, as empresas de lazer, os operadores turísticos, entre outros. Outro importante aspecto deste tipo mercado, é a capacidade de reduzir a sazonalidade verificada no turismo de uma forma geral, já que pessoas com incapacidades (PCI) normalmente consideram a prática do turismo em períodos de época baixa (Ribeiro et al., 2018). Na verdade, alguns estudos estimam que até 2020, cerca de 25% dos gastos com viagens e lazer serão provenientes de turistas com incapacidades (Bekiaris et al., 2018). Mas apesar desta tendência, este mercado é ainda fortemente ignorado por parte da oferta turística (Portales, 2015).

Na verdade, o turismo acessível tem vindo a ganhar algum destaque nos últimos tempos, no entanto, ainda existem algumas barreiras que impedem a realização deste tipo de turismo, em pleno. Alguns estudos chegam mesmo a evidenciar que, se as condições de acessibilidade estivessem asseguradas, as pessoas viajariam mais (Pühretmair, 2004). Pois as barreiras existentes à prática do turismo por parte deste público criam “obstáculos”, ameaçando a qualidade de vida das pessoas e a sua independência (Popiel, 2016). De entre as várias barreiras, e tal como já foi referido, realça-se a falta de informação sobre a acessibilidade, bem como a falta de informação acessível (Stumbo and Pegg, 2008). A informação sobre a acessibilidade permite perceber se os requisitos do turista serão tidos em conta ao longo da viagem e durante as experiências turísticas, bem como se estão reunidas todas as condições para a realização do turismo, sem qualquer constrangimento. Já a acessibilidade da informação permite garantir que toda a informação está acessível, ou seja, chega à pessoa que dela necessita, sem nenhuma perda de valor. É precisamente na relação de estes dois aspetos, i.e., informação sobre acessibilidade e acessibilidade da informação, que entra o papel das TICs, assumindo importância primordial, enquanto ferramentas promotoras do turismo acessível.

2.2 As TICs no Turismo Acessível

A inovação tecnológica tornou possível o desenvolvimento nos mais diferentes tipos de indústria (Sedlar et al. 2018). Neste contexto, entende-se por tecnologia qualquer dispositivo, componente de *networking*, aplicação ou sistema que, quando contextualizados de forma sistémica, permitem a interação com o mundo digital (Rouse, 2014). Dentro destas diversas tecnologias, surgem as TICs, responsáveis por garantir que a informação e o conhecimento sejam divulgados e comunicados, tendo por base a emissão e transmissão de dados digitais.

No caso do turismo acessível, as TICs poderão assumir um papel importante na medida em que podem ser responsáveis pela divulgação de informação, acerca das condições de acessibilidade das diferentes atividades e/ou produtos turísticos (Buhalis and Michopoulou, 2011). Na mesma linha de pensamento, com a Web a representar um pilar fundamental na sociedade, os sistemas de informação baseados na Web representam as fontes de informação preferenciais dos turistas e, como tal, fundamentais na promoção de um turismo mais acessível (Rumetshofer and Woss, 2005). Este tipo de soluções tecnológicas é capaz de fornecer uma base de conhecimento partilhado e adaptável a qualquer tipo de necessidade e/ou incapacidade, sendo, portanto, adequado à promoção do turismo acessível. De facto, com as TICs é possível servir diferentes necessidades de informação, necessidades essas que podem ser provenientes de diferentes tipos de incapacidade.

De realçar que as TICs não servem apenas as necessidades de informação no turismo acessível, mas podem ser úteis noutros contextos de acessibilidade. Por exemplo, tecnologias relacionadas com sistemas de localização são essenciais na construção de bases de dados geográficas acessíveis (Barbeau et al., 2010). Também as aplicações móveis podem apresentar mecanismos proactivos e características colaborativas (Emrouzeh et al., 2017). Em suma, as TICs focam-se, não só na componente tecnológica de divulgação da informação, mas também em mecanismos que permitam assegurar a conexão com o mundo digital, nomeadamente tecnologias de assistência e/ou tecnologias adaptativas (Fall et al., 2018). Alguns exemplos práticos da aplicação das TICs no turismo acessível estão relacionados com a assistência na visita a museus como mostram os estudos de Angkananon et al., (2015), Haworth and Williams (2012) e Mesquita and Carneiro, (2016).

Sendo as aplicações Web, plataformas ideais para divulgação de informação, e sendo a informação um aspeto crítico para o turismo, justifica-se, claramente, a sua utilização na promoção do turismo para todos, já que, como em qualquer outro domínio, a informação é a chave de sucesso para elevar qualquer negócio.

3. APLICAÇÃO WEB PARA O TURISMO ACESSÍVEL

3.1 Objetivo da Aplicação

Como já foi referido, a falta de informação sobre a acessibilidade e a falta de informação acessível representam as principais barreiras no turismo acessível, existindo, portanto, a necessidade de se criarem soluções que permitam ultrapassar estes embargos. De facto, quanto maiores os requisitos de acessibilidade, maior também será a necessidade de informação detalhada sobre esses requisitos (Bowtell, 2015).

Este estudo, que faz parte de um projeto mais alargado, pretende apresentar soluções para os problemas advindos do contexto anteriormente traçado, propondo um modelo de uma plataforma Web (a que se deu o nome de *AccessTour@WebApp*) capaz de mediar as necessidades de informação entre a procura e a oferta, no âmbito do turismo acessível. A importância deste estudo é relevada pela falta de plataformas com respostas específicas àquelas necessidades, mais concretamente que permitam uma integração e interação entre os diversos stakeholders envolvidos na cadeia de valor, com fim à promoção das condições de acessibilidade dos destinos turísticos. A *AccessTour@WebApp* visa, assim, facilitar a comunicação e partilha de informação entre turistas, designadamente PCI e organizações turísticas. Espera-se que uma solução desta natureza possa ajudar na promoção do mercado do turismo acessível, na medida em que: (i) possibilita o acesso às PCI, de forma acessível, à informação sobre a acessibilidade dos destinos, o que lhes permite encontrar soluções turísticas adaptadas às suas necessidades e/ou incapacidades; e (ii) representa uma excelente oportunidade de interagir com um mercado em ascensão, alcançando potenciais clientes, através da divulgação das ofertas de turismo acessível, numa plataforma dedicada para o efeito.

3.2 Metodologia

De forma a perceber o tipo de informação e principais funcionalidades a contemplar na solução a propor, foi conduzido um estudo de levantamento de requisitos, suportado em três abordagens metodológicas diferentes: (i) revisão da literatura; (ii) análise da acessibilidade de websites pertencentes a hotéis localizados na zona centro de Portugal e (iii) análise de conteúdo de plataformas concorrentes. O primeiro método aferiu e analisou conceitos já existentes na literatura, relacionando os SI com o potencial que os mesmos poderiam promover naquele mercado. O segundo método de pesquisa foi um estudo prático, onde se analisou o nível de acessibilidade de websites de diferentes hotéis, utilizando para isso duas ferramentas de análise automática (AccessMonitor e TAW). Este estudo prático permitiu perceber quais os principais problemas de acessibilidade relacionados com a arquitetura dos websites, e que aspetos fundamentais se encontravam em falta. Apesar dos resultados deste trabalho não serem o foco deste estudo, os mesmos contribuíram para identificar um conjunto de requisitos não funcionais que deverão estar presentes nas aplicações tecnológicas que servem este mercado. O terceiro método utilizado analisou algumas plataformas nacionais e internacionais, ao nível de conteúdos e funcionalidades, que servem parcialmente este tipo de mercado.

Os requisitos identificados foram classificados em dois tipos: requisitos funcionais e não-funcionais. Os requisitos funcionais são aqueles que determinam o que o sistema deve fazer, enquanto que os não-funcionais descrevem a qualidade com que os requisitos funcionais devem ser oferecidos (Zhou et al., 2004). Nestes últimos, incluem-se os requisitos de comunicação, que no presente estudo se prendem com os requisitos de acessibilidade.

Das três fontes de dados utilizadas, resultou uma matriz de triangulação de dados, composta pela lista de requisitos, bem como pelo método que originou cada requisito. A importância desta matriz não só está nas duas dimensões acima citadas (requisito x método), mas principalmente no grau de importância que se pode extrair de cada requisito (Teixeira et al., 2012). Depois de concluída a fase de recolha de requisitos, foi elaborado o modelo do *AccessTour@WebApp*, usando, para o efeito, os diagramas de *use cases* e de classes da notação UML (*Unified Modeling Language*). O primeiro diagrama - *use-cases* - permitiu representar os diferentes atores bem como as interações destes com o sistema. O segundo diagrama - classes -, possibilitou perceber o modelo abstrato de dados que está na base do domínio do problema.

3.3 Conceptualização da *AccessTour@WebApp*

O modelo proposto será apresentado nesta secção com recurso a sois diagramas da UML: diagrama de *use cases* (ver Figura 1) e o diagrama de classes (ver Figura 2).

O diagrama de *use-cases*, representado na figura 1 identifica as diferentes interações existentes entre utilizadores e sistema. O objetivo principal do diagrama é demonstrar os diferentes serviços presentes na aplicação Web. Os Atores representam os perfis de utilizadores que interagem com o sistema, identificando-se neste projeto atores do lado da procura (Visitante e Visitante Registrado) e atores do lado da oferta (Organização Turística e Organização Turística Membro). Existe ainda um Ator (Administrador) responsável pela gestão do sistema, nomeadamente em termos de serviço de manutenção dos dados. Cada ator tem associado um conjunto de serviços (*use-cases*), tal como se pode observar na figura 1.

O Visitante acede a diversos tipos de conteúdo no sistema, podendo pesquisar por ofertas de turismo acessível e personalizar as definições, de acordo com as suas necessidades. Por exemplo, turistas daltónicos podem modificar as cores do sistema, e pessoas com visão reduzida podem ativar o controlo por voz. Existe ainda a possibilidade de um Visitante se registar na plataforma, tornando-se um Visitante Registrado. Após o registo ser concluído, os turistas terão acesso a áreas restritas do sistema, a título de exemplo, espaço de partilha, com outros utilizadores registados, de fotos, vídeos e outros elementos, podendo estes elementos estarem relacionados com as experiências turísticas. O Visitante Registrado poderá também avaliar e dar feedback de ofertas turísticas que tenha experienciado, de forma a melhorar as condições de acessibilidade para outros utilizadores.

A Organização Turística terá acesso a um conjunto de informação promocional, sendo que a funcionalidade de destaque para este ator é a do registo e visualização e concordância das condições de acesso. Por razões de segurança e cumprimento de critérios, existe a necessidade de fazer obrigatoriamente um pré-registo na plataforma, para poder usufruir de um conjunto de funcionalidades restritas que só as Organização Turística Membro terão acesso. Após o registo, e após a validação do registo pelo

Administrador, aquele assumirá, então, o papel de Organização Turística Membro. Este ator será responsável por inserir no sistema ofertas de turismo acessível e disponibilizar também toda a informação, relativamente à acessibilidade (física e de comunicação) da(s) sua(s) oferta(s). Estas ofertas poderão ser alteradas ou modificadas, e se for possível deverão vir acompanhadas de um relatório, contendo informação mais detalhada, acerca das condições de acessibilidade.

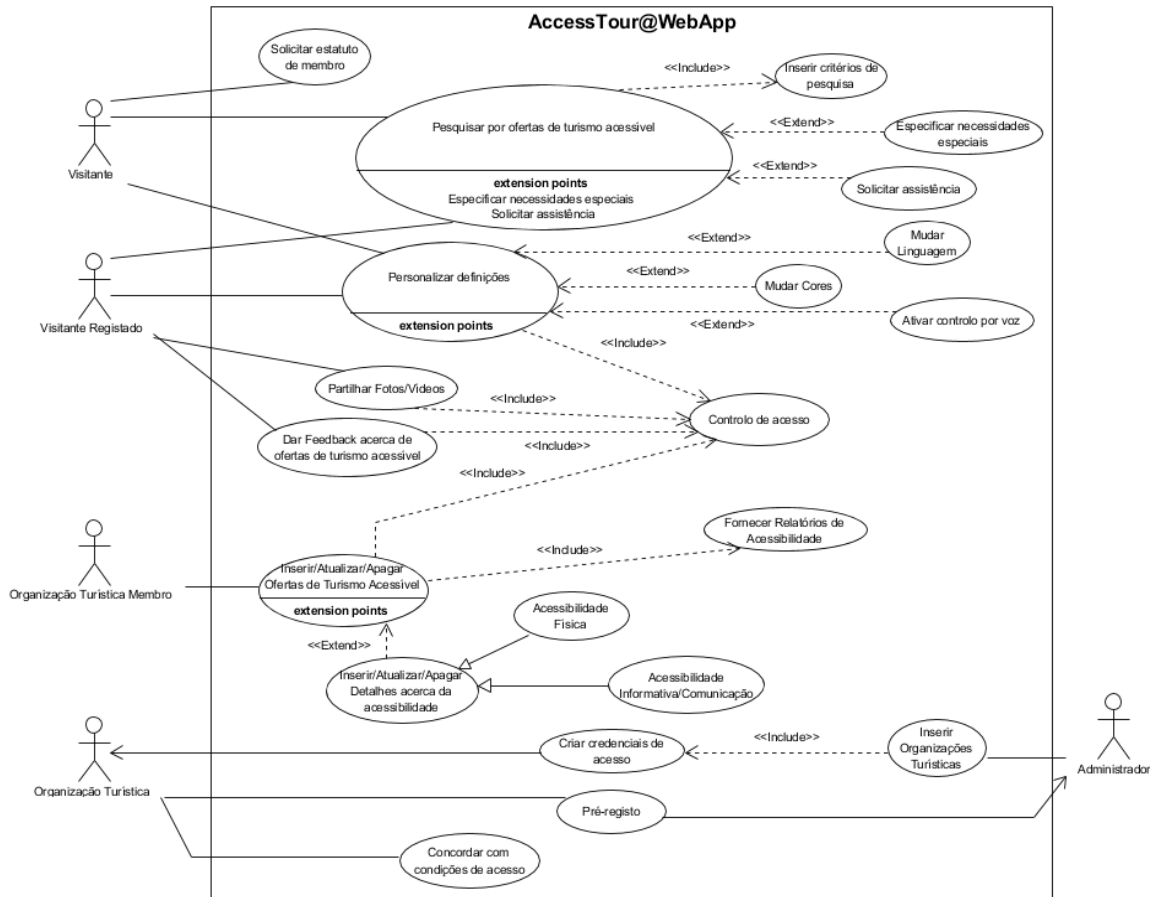


Figura 1. Diagrama de Use-cases do AccessTour@WebApp

O diagrama de classes representado na figura 2 apresenta uma descrição de alto nível das principais classes, atributos e relacionamentos que compõem o modelo do *AccessTour@WebApp*.

Como é possível ver no diagrama da figura 2, diferentes tipos de ofertas poderão ser inseridos na aplicação Web, nomeadamente: Alojamento (hotéis, hostels e pousadas), Restauração (restaurantes, pastelarias e *coffee shops*), Transportes, Agências de Viagens e Operadores Turísticos (AVOP) e, ainda, Atividades Culturais, Recreativas e Desportivas (ACRD), como são exemplo os cinemas, teatros, museus e galerias de arte. Para além das ofertas, é necessário registar informação acerca da acessibilidade física e de comunicação, associada às diversas ofertas.

Para um Visitante usufruir em pleno do *AccessTour@WebApp* é especialmente relevante registar-se e, consequentemente, indicar o tipo de incapacidade que possui, de forma a que o sistema seja capaz de recomendar as ofertas turísticas mais apropriadas para aquele turista. Pois pretende-se que o sistema apresente ofertas em tempo real ao turista, tendo por base o seu tipo de necessidade ou incapacidade, previamente registada. De salientar que este tipo de funcionalidade está igualmente dependente da informação introduzida pelo turista aquando da viagem, i.e., do registo do período da visita, podendo o sistema notificar, através do envio de mensagens (áudio e texto) para o contacto do Visitante Registrado ou para o contacto do cuidador que acompanha o turista, sobre ofertas de interesse nas proximidades do local da visita. Um exemplo prático poderá ser aquando de uma visita a uma qualquer atração ou destino, a *AccessTour@WebApp* poderá dar informação ao turista acerca de lugares de estacionamento para pessoas

com mobilidade reduzida, ou indicar se existem intérpretes ou guias com conhecimento de linguagem gestual.

Em termos de requisitos não funcionais, pretende-se que este sistema permita o acesso a qualquer tipo de utilizador, independentemente da sua condição.

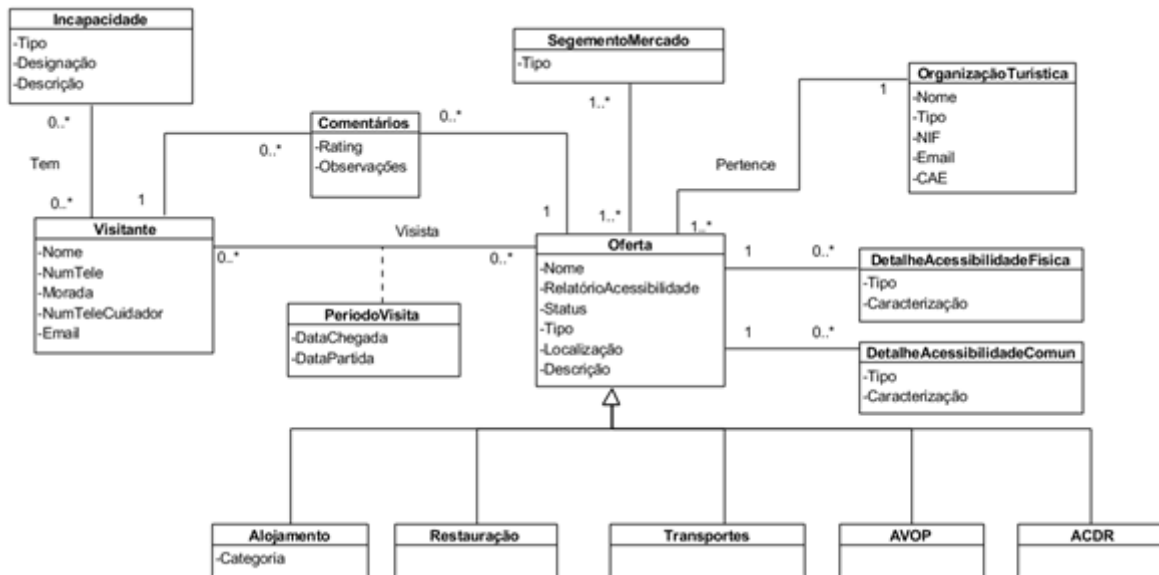


Figura 2. Diagrama de Classes do AccessTour@WebApp

4. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O mundo tecnológico está a revolucionar o turismo. Um dos setores que mais pode beneficiar de novas TICs é, sem dúvida, o do turismo. Neste sentido, as aplicações Web podem ter um papel importante na promoção e desenvolvimento deste tipo de setor, com grande impacto no turismo acessível. No entanto, soluções deste género, que sirvam este tipo de mercado específico, são ainda muito limitadas. Dada a importância deste tipo de soluções e a necessidade de aplicações práticas neste tipo de mercado, foi objetivo deste trabalho apresentar um estudo que culminou na proposta de uma solução tecnológica para a promoção de produtos e serviços no âmbito do turismo acessível.

O processo de compreensão e levantamento de requisitos baseou-se numa abordagem de triangulação de métodos, sendo os requisitos oriundos de um, ou mais, dos métodos usados: (i) revisão da literatura; (ii) análise da acessibilidade de websites pertencentes a hotéis localizados na zona centro de Portugal e (iii) análise de conteúdo de plataformas concorrentes. Desta abordagem resultou uma matriz de triangulação com uma lista de requisitos funcionais e não-funcionais, que deram forma à solução e conduziram à definição do modelo proposto e concretizado com base nos diagramas de *use-cases* e de classes da notação UML.

Com este estudo, espera-se assim contribuir com uma proposta de solução tecnológica que promova canais e formas de comunicação eficazes entre a procura (i.e., PCI) e a oferta turística, garantindo, portanto, as condições de acessibilidade por parte das PCI, bem como a divulgação dos serviços, por parte da oferta, junto a um mercado potencialmente lucrativo.

Em termos de trabalho futuro, espera-se vir a dar continuidade a este projeto, nomeadamente aferir a viabilidade e fiabilidade do sistema junto dos *stakeholders*, nomeadamente turistas que sofram com algum tipo de incapacidade, bem como com organizações turísticas que desejem divulgar ofertas de turismo acessível. Sendo o turista com incapacidades, o principal elemento deste serviço, deverá ser complementada a análise de requisitos, junto destes. Neste sentido, esta averiguação será feita através da resposta a questionários, podendo ser identificados novos requisitos. Uma vez que as organizações turísticas são também uma parte fundamental, o levantamento de requisitos junto destas entidades será também conduzido com base em questionários. Posteriormente espera-se avançar com o desenvolvimento de um protótipo

funcional da plataforma, seguindo uma abordagem iterativa e incremental, bem como conduzir um conjunto de testes de aceitação, por forma a compreender a relevância das funcionalidades e informação presentes no sistema, bem como identificar novas funcionalidades, caso venham a surgir novas necessidades.

AGRADECIMENTO

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto de investigação ACTION - POCI-01-01-0145-FEDER-030376 -, financiado pelo FEDER, através do COMPETE2020 - Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI), e por fundos nacionais (OE), através da FCT/MCTES.

REFERÊNCIAS

- Alter, S. 1992, *Information Systems: A Management Perspective*, Addison-Wesley, USA
- Angkananon, K., Wald, M. and Gilbert, L. 2015, 'Technology enhanced interaction framework and method for accessibility in Thai museums', *3rd International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*, IEEE, Bali, Indonesia, pp. 316–321.
- Barbeau, S., Georggi, N. and Winters, P. 2010, 'Global positioning system integrated with personalized real-time transit information from automatic vehicle location', *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2143, no. 1, pp. 168–176.
- Bekiaris E; Loukea M; Spanidis, P; Ewing.S; Denninghaus, M; Ambrose, I; Papamichail, K. and Castiglioni, R.C. 2018, *Research for TRAN Committee - Transport and tourism for persons with disabilities and persons with reduced mobility*.
- Bowtell, J. 2015, 'Assessing the value and market attractiveness of the accessible tourism industry in Europe: a focus on major travel and leisure companies', *Journal of Tourism Futures*, vol. 1, no. 3, pp. 203–222.
- Buhalis, D. and Darcy, S. 2011, *Accessible Tourism Concepts and Issues*. Channel View Publications, UK
- Buhalis, D. and Michopoulou, E. 2011, 'Information-enabled tourism destination marketing: addressing the accessibility market', *Current Issues in Tourism*, vol. 14, no. 2, pp. 145–168.
- Buhalis, D. and Michopoulou, E. 2011, 'Information-enabled tourism destination marketing: Addressing the accessibility market', *Current Issues in Tourism*, vol. 14, no. 2, pp. 145–168.
- Emrouzeh, M.P., Dewar, K., Fleet, G. and Bourgeois, Y. 2017, 'Implementing ICT for Tourists with Disabilities', *Proceedings of the 2017 International Conference on E-Education, E-Business and E-Technology*, no. 6, pp. 50–53.
- Fall, C.L., Quevillon, F., Blouin, M., Latour, S., Campeau-Lecours, A., Gosselin, C. and Gosselin, B. 2018, 'A Multimodal Adaptive Wireless Control Interface for People with Upper-Body Disabilities', *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, vol. 12, no. 3, pp. 564–575.
- Haworth, A. and Williams, P. 2012, 'Using QR codes to aid accessibility in a museum', *Journal of Assistive Technologies*, vol. 6, no. 4, p. 285–291.
- Mesquita, S. and Carneiro, M. 2016, 'Accessibility of european museums to visitors with visual impairments', *Disability and Society*, vol. 31, no. 3, pp. 373–388.
- Michopoulou, E. and Buhalis, D. 2013, 'Information provision for challenging markets: The case of the accessibility requiring market in the context of tourism', *Information and Management*, vol. 50, no. 5, pp. 229–239.
- Michopoulou, E., Darcy, S., Ambrose, I. and Buhalis, D. 2015, 'Accessible tourism futures: the world we dream to live in and the opportunities we hope to have', *Journal of Tourism Futures*, vol. 1, no. 3, pp. 179–188.
- Milicchio, F. and Prosperi, M. 2016, 'Accessible tourism for the deaf via mobile apps', *9th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments - PETRA '16*, ACM Press, New York, New York, USA, pp. 1–7.
- Popiel, M. 2016, *Barriers in Undertaking Tourist Activity by Disabled People*, no. 3, pp. 103–110.
- Portales, R.C. 2015, 'Removing "invisible" barriers: opening paths towards the future of accessible tourism', *Journal of Tourism Futures*, vol. 1, no. 3, pp. 269–284.
- Pühretmair, F. 2004, 'It's time to make eTourism accessible', *Computers helping people with special needs*, pp. 272–279.
- Ribeiro, F., Silva, A., Barbosa, F., Silva, A. and Metrôlho, J. 2018, 'Mobile applications for accessible tourism: overview, challenges and a proposed platform', *Information Technology and Tourism*, vol. 19, no. 1–4, pp. 29–59.

- Rouse, M. 2014, 'ICT (information and communications technology, or technologies)', *Tech Target*, Available at <<https://searchcio.techtarget.com/definition/ICT-information-and-communications-technology-or-technologies>> (Accessed 23 January 2019).
- Rumetshofer, H. and Woss, W. 2005, 'Semantic maps and meta-data enhancing e-accessibility in tourism information systems', *16th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA'05)*, IEEE, pp. 881–885.
- Sedlar, U., Kos, A., Pustisek, M., Bester, J., Pogacnik, M., Mali, L. and Stojmenova Duh, E. 2018, 'Tackling the Challenges of ICT Innovation and Talents for Industry 4.0', *Ipsi Bgd Transactions on Internet Research*, vol. 14, no. 1.
- Stumbo, N.J., Pegg, S., 2008. Travelers and tourists with disabilities: a matter of priorities and loyalties. *Tourism Review International* 8, 195–209.
- Teixeira, L., Ferreira, C. and Santos, B.S. 2012, 'User-centered requirements engineering in health information systems: A study in the hemophilia field', *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 106, no. 3, pp. 160–74.
- Turner, R. 2017, *The Economic Impact of Travel*. Available at <<https://www.wttc.org/-/media/files/reports/economic-impact-research/regions-2017/world2017.pdf>> (Accessed 25 May 2019).
- United Nations 2006, The UN convention on the rights of persons with disabilities, Available at <<https://www.un.org/disabilities/documents/convention/convoptprot-e.pdf>> (Accessed 10 April 2019).
- Yi, M.Y. and Hwang, Y. 2003, 'Predicting the use of web-based information systems: Self-efficacy, enjoyment, learning goal orientation, and the technology acceptance model', *International Journal of Human Computer Studies*.
- Zhou, Y.J., Hyvonen, S.L. and Louise, S. 2004, *Functional Requirements and Non-Functional Requirements: A Survey, Dissertation*.

ARQUITETURA PARA INTEGRAÇÃO DE SERVIÇOS VIA API REST PARA PLATAFORMA DE ACERVOS DIGITAIS

Larissa Herculano, Matheus de Carvalho Sobrinho, Dário Pereira dos Santos,
Ariovaldo Dias Furtado, Lucimar Rizzo Lopes dos Santos e Daniel Alves da Silva
Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília, DF, Brasil - Zipcode 70910-900

RESUMO

Arquiteturas descentralizadas vêm crescendo bastante nos últimos anos com a ideia de desacoplar sistemas monolíticos para facilitar a comunicação entre os clientes e os serviços presentes neste tipo de ambiente. Contudo, os padrões da arquitetura de microsserviços ainda necessitam de um modelo mais completo e que defina todas as etapas da sua implantação. Este trabalho propõe um modelo de arquitetura para implementação de módulos que, acoplados ao DSpace versão 6, possibilitem a manipulação de metadados de itens digitais de forma a minimizar o tempo de inserção na ferramenta, isso é feito a partir de uma otimização no processo de inserção atual do DSpace. Os resultados obtidos com a integração do módulo de submissão, proporcionou um ganho na produtividade dos usuários submissores do sistema.

PALAVRAS-CHAVE

Repositório Digital, Arquitetura de Serviços, API Rest

1. INTRODUÇÃO

Diante da iniciativa de acesso aberto e disponibilização de acervos em rede, a implantação de repositórios digitais tem sido amplamente empregada por diversas instituições. Entre os sistemas de gerenciamento de acervos digitais mais utilizados estão as plataformas E-Prints e DSpace. A plataforma E-Prints foi designada inicialmente para a criação de repositórios institucionais de pré-prints para pesquisa acadêmica, porém foi expandida para uso de diversos materiais, inclusive relatórios técnicos, publicações em conferências e outros. A plataforma DSpace consiste na aplicação mais popular para gerenciamento de bibliotecas digitais, projetada para capturar, armazenar, indexar e disponibilizar recursos informacionais em diversos formatos (Wei, 2011).

Em projeto de pesquisa aplicada em cooperação com o Ministério da Economia (ME) planejada a construção do repositório, intitulado Biblioteca Digital do ME, optando pela ferramenta DSpace, por ser mais comumente utilizada no Brasil e pela comunidade internacional. O acervo contemplado no repositório engloba documentos com características distintas, dividindo-se em dois segmentos, a saber: publicação e legislação. De acordo com as características do acervo, foram elencados metadados específicos para cada um destes segmentos. Os metadados são registros de dados para identificação do recurso informacional disponibilizado. Segundo Viana, Márdero Arellano e Shintaku (2005), os metadados fornecem significado semântico a dados supostamente isolados, proporcionando contexto para o processo de busca, o que expande a relevância dos resultados por meio da padronização na descrição dos recursos. O repositório demandou adaptações para atender com maior eficiência às necessidades do acervo. Visando benefícios nos processos de trabalho com a ferramenta, foi desenvolvido um formulário de inserção para cada segmento.

O segmento do acervo intitulado publicação, abrange documentos como relatórios, planos, periódicos, apresentações, cartilhas, trabalhos acadêmicos, entre outros. Para esse segmento foi criado o formulário "A", com os metadados elencados para atender às suas características específicas. O segmento do acervo denominado legislação contempla leis, decretos, portarias, despachos, entre outros. Para esse segmento, o formulário "B" foi elaborado, com metadados diferenciados considerando suas particularidades.

O trabalho desenvolvido com a ferramenta modelada permitiu que as etapas de submissão padrão do software DSpace fossem reduzidas, a fim de otimizar a atividade de inserção. Permitiu ainda, que itens de uma mesma coleção compartilhassem metadados, de acordo com o formulário selecionado, atendendo aos requisitos indicados pelos profissionais da informação, bibliotecários da instituição.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

O uso da ferramenta DSpace tem-se tornado constante entre várias instituições públicas, privadas e de terceiro setor para a estruturação de repositórios digitais. Suas características favorecem a escolha, pois trata-se de um software livre, amplamente customizável e com código aberto. Apesar de ser uma das ferramentas mais utilizadas, nem sempre corresponde com exatidão às necessidades das instituições. Shintaku e Vechiato (2018) demonstram que instituições no Brasil apresentam necessidades além das atendidas pela instalação padrão do DSpace, o que demanda extensões das funcionalidades originalmente disponibilizadas pela ferramenta. Os autores ressaltam ainda que é escasso o compartilhamento das funcionalidades desenvolvidas, resultando na necessidade de maior disseminação e interação entre as equipes de tecnologia da informação que atuam com DSpace no Brasil. Afirmam que o Brasil é ativo na evolução da ferramenta, pois dispõe de numerosas instalações e iniciativas de extensão das funcionalidades padrão.

Behr e Ferreira (2016) relatam a experiência de customização da ferramenta DSpace, no repositório digital da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), denominado Lume, na qual foram implantadas melhorias em relação ao armazenamento de registros de acessos e downloads visando a correta geração de relatórios estatísticos, e ainda em relação à submissão de arquivos e notificação por e-mail de entradas recentes, que por sua vez, objetivam aperfeiçoar a interação do usuário com o sistema.

Outra implementação no DSpace, ainda no repositório Lume, foi realizada por Costa *et al.* (2015) com o intuito de criação da etapa de revisão técnica no processo de submissão de itens na comunidade de recursos educacionais (RE). Com a modificação proposta, os autores buscaram garantir o acesso propriamente pelo navegador, dispensando instalação prévia, para maior agilidade no processo de revisão, disponibilização e acesso pelos usuários do repositório.

3. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E MOTIVAÇÃO

Diante do excessivo número de documentos que compõem o acervo da biblioteca do ME, observou-se que, para a disponibilização, seria indispensável copioso esforço na plataforma pois a inserção deve ser realizada item a item. Assim sendo, o formulário padrão contido no sistema DSpace não proporciona eficiência, tendo em vista a necessidade de cinco tarefas para a efetivação do processo de submissão, entre as quais duas referem-se à descrição do item, uma refere-se ao arquivo a ser anexado, uma outra refere-se à verificação dos dados inseridos e a última refere-se à licença atribuída ao item. Verifica-se as tarefas na Figura 1.

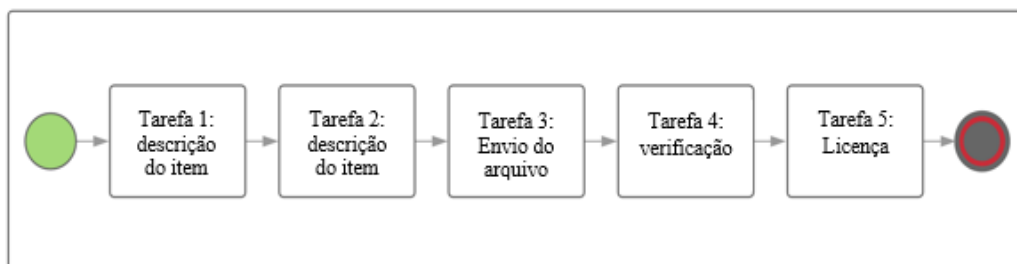


Figura 1. Modelo de processo de inserção padrão (fonte: elaboração do autor)

Ademais, para atender adequadamente ao acervo seriam necessários dois tipos de formulário, com os metadados distintos determinados respectivamente no formulário “A” para o segmento publicação e no formulário “B” para o segmento legislação. Nesse contexto, outro problema identificado foi a integração entre os usuários e os administradores de sistema. No caso de mais de um tipo de formulário disponível, a cada nova coleção criada, é preciso acionar o administrador para que ele faça manualmente o mapeamento da nova coleção para o formulário que deve ser apresentado no momento da inserção de um novo item digital.

A equipe de pesquisadores de ciências e tecnologia da informação, foram motivadas a desenvolver uma solução que pudesse minimizar os problemas identificados, no que tange a este contexto específico, possibilitando uma melhoria tanto para o sistema, quanto para os usuários, facilitando o trabalho diário dos bibliotecários e agilizando o processo de inserção na ferramenta.

4. BIBLIOTECA DIGITAL DO MINISTÉRIO DA ECONOMIA

A Biblioteca Digital é o testemunho da memória institucional, criada com o intuito de reunir, armazenar, organizar, preservar, recuperar e disseminar a informação gerada na produção do conhecimento pelas unidades integrantes do ME. Destacam-se os objetivos principais: preservar a informação governamental, ampliar a visibilidade de forma a alcançar maior número de usuários; promover maior rapidez na recuperação de informações do Governo Federal; promover a interoperabilidade de conteúdo digital com outras redes de informação; e incentivar a produção de publicações em diversos formatos digitais.

A implantação da Biblioteca Digital do ME tem gerado vantagem para a realidade da instituição, bem como a customização e implementação da ferramenta DSpace tem apontado caminhos para a gestão da informação e acesso ao conteúdo digital institucional. Inicialmente customizada na linguagem XMLUI¹ e após estudos, atualizada para JSPUI², tendo em vista as melhorias e interface de usuário mais moderna e dinâmica apresentada pela linguagem.

A criação do projeto, customização e implantação da Biblioteca Digital do ME foi um trabalho realizado pela equipe do Laboratório de Tecnologias da Tomada de Decisão (Latitude), da Faculdade de Tecnologia (FT), da Universidade de Brasília (UnB) em virtude do Termo de Cooperação Técnica, firmado entre o ME e a UnB.

4.1 Organização da Informação no Framework DSpace

A organização da informação na ferramenta DSpace é feita com a construção de uma estrutura informacional hierárquica de navegação, constituída por comunidades, subcomunidades e coleções. Na Biblioteca Digital do ME a estrutura foi fundamentada nas unidades integrantes do órgão e a inserção dos itens digitais ocorreu de acordo com os assuntos relacionados às atividades de cada unidade, conforme desenho elaborado e validado pelos profissionais da biblioteca da instituição em conjunto com os pesquisadores da UnB.

O número crescente de itens digitais contempla documentos de forma a refletir a história da produção intelectual do órgão, com informações relevantes para a gestão do conhecimento e publicidade de informações relevantes à sociedade. Contudo, para que seja atingida a eficácia na gestão do conhecimento e na publicidade de informações, é necessário que haja uma boa indexação dos itens digitais, com a escolha correta dos metadados a serem utilizados.

O padrão de metadados utilizado pelo DSpace é o Dublin Core (DC), da Dublin Core Metadata Initiative DCMI (Weibel e Koch, 2000), que permite escolha de cada elemento e qualificador, opcionalmente, para que a descrição seja adaptada às necessidades do tipo de recurso informacional em questão. O padrão DC é descrito na norma ISO 15836-1:2017, “que estabelece 15 elementos principais de metadados para a descrição de recursos entre domínios. Esses termos fazem parte de um conjunto maior de vocabulários de metadados mantidos pela Dublin Core Metadata Initiative” (ISO, 2017, tradução nossa). Utiliza para definição do padrão do campo data, a norma ISO 8601-1:2019, que “especifica representações adicionais de datas do calendário gregoriano e horários com base no relógio de 24 horas bem como elementos compostos deles, como cadeias de caracteres para uso no intercâmbio de informações” (ISO, 2019, tradução nossa), com o formato AAAA-MM-DD. Utiliza ainda, as normas para definição de padrão de idioma e código do país. Respectivamente, a ISO 3166-1:2013, que “destina-se ao uso em qualquer aplicação que exija a expressão dos nomes de países atuais em formato codificado; inclui também diretrizes básicas para sua implementação e manutenção” (ISO, 2013) e ISO 639-3:2007 que contém códigos de idioma que compreendem identificadores de idioma (ISO, 2007).

Cada formulário pode ser aplicado apenas a coleções, não a itens digitais, individualmente. O formulário é atribuído a cada coleção no momento da submissão do primeiro item digital à mesma, no qual o serviço solicita mapeamento da coleção. A partir desse mapeamento, todos os itens digitais serão submetidos com os metadados contidos no formulário selecionado, não sendo possível a utilização de mais de um formulário dentro da mesma coleção (Shintaku e Meirelles, 2010). Os formulários desenvolvidos foram implementados conforme a Tabela 1.

¹ <https://wiki.duraspace.org/display/DSDOC6x/XMLUI+Configuration+and+Customization>

² <https://wiki.duraspace.org/display/DSDOC6x/JSPUI+Configuration+and+Customization>

Tabela 1. Ocorrência de metadados nos formulários (fonte: elaboração do autor)

Segmento de Legislação (Formulário B)	Número de ocorrência	Segmento de Publicação (Formulário A)	Número de ocorrência
dc.contributor.author - Autor	1 ou mais	dc.contributor.author - Autor	1 ou mais
dc.title - Título	1 ou mais	dc.title - Título	1 ou mais
dc.title.alternative - Outros títulos	1 ou mais	dc.title.alternative - Outros títulos	1 ou mais
dc.date.created - Data de assinatura	1 ou mais	dc.contributor.other - Colaborador	1 ou mais
dc.date.issued - Data de publicação	1 ou mais	dc.publisher - publicador	1 ou mais
dc.description.abstract - Ementa	1	dc.date.issued - Data de publicação	1
dc.subject - Assunto	1	dc.description.abstract - Resumo	1
dc.description - Notas	1 ou mais	dc.subject - Assunto	1 ou mais
dc.identifier.citation - Fonte	1 ou mais	dc.description - Notas	1 ou mais
dc.relation.uri - Link	1	dc.identifier.citation - Fonte	1
dc.relation - publicação relacionada	1	dc.relation.uri - Link	1
dc.identifier.uri - Identificador único	1 ou mais	dc.relation - publicação relacionada	1 ou mais
dc.type - Tipo	1	dc.identifier.uri - Identificador único	1
dc.rights - Licença	1 ou mais	dc.type - Tipo	1 ou mais
dc.language - Idioma	1	dc.rights - Licença	1
dc.relation.inversionof - Situação	1	dc.language - Idioma	1
dc.relation.isreplacedby - Vide	1 ou mais		

5. PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DO FORMULÁRIO DE SUBMISSÃO

Os sistemas de informação automatizados devem apresentar informações com qualidade, conforme Silva (2008). Para isso, as pessoas responsáveis, que são fontes de entradas de informações, não podem inserir informações equivocadas, pois estas podem gerar saídas inadequadas e dificultar o processo de busca e recuperação destas informações. Como características dos sistemas de informação, apresentam-se facilidade de uso, flexibilidade nos ajustamentos, confiabilidade nas informações geradas e rentabilidade de custo (Silva, 2008).

Para o acesso eficiente e preciso da informação para os usuários finais, que são aqueles que acessam as informações como produto, é importante que não haja dificuldades de operação da ferramenta, tanto para os próprios usuários, quanto para os profissionais que submetem os itens digitais ao sistema. A assertiva anterior demonstra a importância do trabalho realizado pelos profissionais que inserem dados, pois eles são responsáveis pela forma com que os produtos serão disponibilizados. Para que o usuário tenha acesso a informações de qualidade, é necessário que o processo pelo qual a informação será tratada e disponibilizada também seja feito com qualidade e seguindo um fluxo predefinido.

Após o desenvolvimento da aplicação, foram aprimorados os seguintes aspectos:

- Todos os passos necessários para submissão foram agregados em única página;
- A interface tornou-se mais clara, limpa e intuitiva, de acordo com os submissores da ferramenta;

- c) A ordem de exibição dos campos foi organizada de forma a melhor atender as necessidades do ME;
- d) Cada segmento do acervo do ME foi atendido com sua relação de metadados específica.

Testes funcionais foram realizados com os bibliotecários que operam o sistema para avaliar a efetividade das melhorias. Pôde-se confirmar que com a customização do formulário de submissão ocorreu otimização do tempo de realização da tarefa, favorecimento da visualização e identificação dos campos e reconhecimento de erros em um único ponto do sistema. Os testes foram realizados com 5 usuários, com níveis de experiência e formação diferentes com utilização de uma amostra de 100 itens digitais que foram inseridos de forma a avaliar as novas funcionalidades.

6. PROPOSTA DE ARQUITETURA DA BIBLIOTECA DIGITAL

A modelagem da arquitetura da aplicação teve como objetivo a interação entre os micros serviços de forma que as atribuições fossem divididas em operações atômicas em um modelo amplo, como é demonstrado na Figura 2.

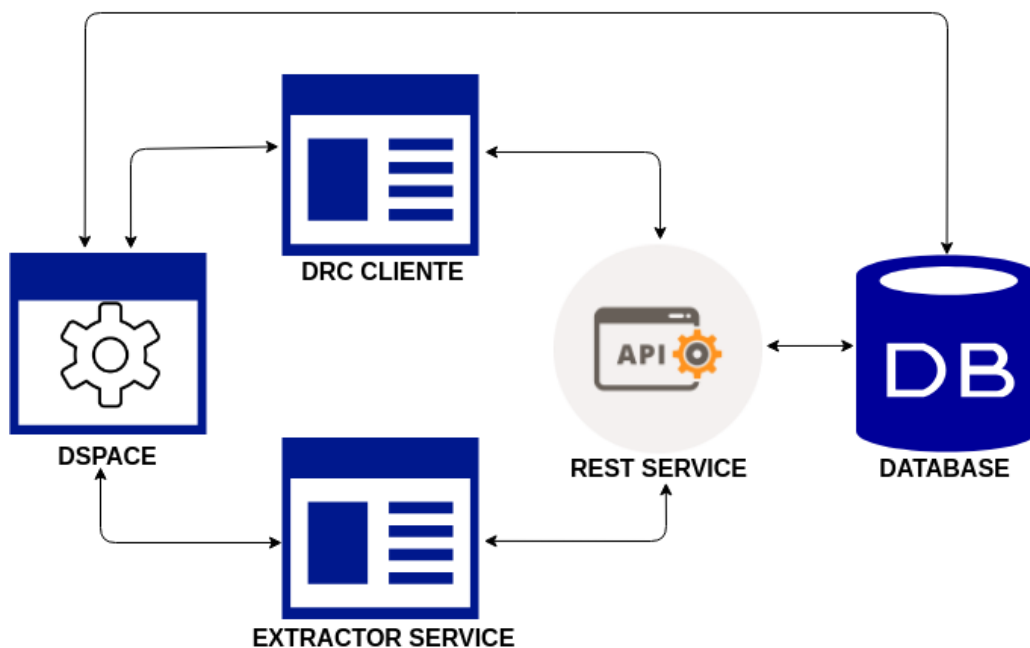


Figura 2. Modelagem da arquitetura para interoperabilidade da Biblioteca Digital do ME (fonte: elaboração do autor)

Os serviços fazem uso da *REST API* do DSpace para gerenciar atividades e efetuar inserções de novos itens digitais ao repositório da Biblioteca Digital. Estes serviços são requisitados a partir de *links* presentes na interface JSPUI.

Dois serviços foram modelados e desenvolvidos de forma que um efetua a inserção de novos itens digitais através da *REST API* do DSpace e o outro faz a extração de dados do Diário Oficial da União (DOU), para posterior inserção no DSpace.

O serviço de inserção, *DRC service*, é requisitado quando o usuário que possui credenciais para uma nova submissão requer esta atividade no sistema. A autenticação entre os agentes é feita a partir do envio de parâmetros necessários para que o DSpace envie um *token* de sessão que possibilita requisições seguras à *REST API*.

Desta forma, serviços interoperáveis podem se comunicar através de JSON³ para requisitar tarefas que se encontram em outros serviços. Este modo de requisição também pode ser chamado de requisição de recursos, pois uma tarefa é considerada um recurso no escopo geral de uma aplicação. O DSpace, na versão 6, possui uma implementação de serviço *REST* por meio do seu módulo de Interface de Programação de

³ <http://www.json.org/>

Aplicativos – *REST API*. Esta *REST API* disponibiliza várias rotas para execução de determinadas tarefas no *Framework*, como seleção de comunidades, coleções ou itens digitais, assim como criação, alteração e remoção desses e inserção de novos itens digitais.

O segmentos do acervo fazem com que a implementação dos serviços se distanciem no que tange ao formato da requisição de nova inserção ao repositório. O *Extractor Service* utiliza um código criptografado com os parâmetros de *login*, possibilitando maior segurança. O *DRC Service* não faz uso desta implementação.

Os requisitos principais para a modelagem e desenvolvimento da arquitetura da aplicação mantiveram-se com a seguinte prioridade:

- a) Um serviço deverá efetuar inserção de itens digitais a partir da *REST API* do DSpace;
- b) O formulário de inserção de novos metadados deverá ser customizado com itens obrigatórios, opcionais e metadados de mesmo tipo com mais de um valor;
- c) O serviço deverá ser customizado em um único passo de formulário;
- d) Um serviço de extração de metadados do Diário Oficial da União (DOU) deverá inserir novos itens digitais no DSpace a partir de sua *REST API*;
- e) O tipo de item digital a ser inserido pelo serviço de extração deverá ser customizado para enviar para uma coleção específica nomeada “Diário Oficial da União”.

Desta forma, foi possível dividir as funcionalidades para melhor adequar às necessidades da Biblioteca Digital do ME. A seguir, serão detalhadas as implementações dos serviços modelados.

6.1 DSpace REST Client Service

O serviço de submissão de itens digitais na Biblioteca do ME foi nomeado como DSpace *REST Client - DRC Service*, e constitui-se de um serviço escrito na linguagem de programação para *Web PHP (Hypertext Preprocessor)* na versão 7 (Welling e Thomson, 2003).

A implementação feita para o Serviço DRC efetua chamadas à *REST API* para consultar comunidades e suas respectivas coleções. Assim, é possível inserir um novo item digital através da *REST API* em uma rota específica e com parâmetros esperados, em conjunto com as credenciais do submissor do novo item. Deste modo, o Serviço DRC faz uso da *REST API* para inserir um novo item digital de forma que, o modelo de metadados inserido, esteja de acordo com a realidade da Biblioteca Digital do ME.

Uma *Framework* de desenvolvimento faz-se necessária para este tipo de arquitetura de aplicação no que tange a organização do projeto como um serviço que opera em contexto específico, executando uma tarefa pontual a que foi proposto, e global, fazendo parte do contexto da aplicação em termos gerais. Neste sentido, a *Framework Yii* (Safronov e Winesett, 2014), em sua segunda versão, foi utilizada para o desenvolvimento do *DRC Service*, o que fez com que o processo de desenvolvimento do serviço fosse acelerado e inseridos padrões de projeto de software em sua implementação.

6.2 Modelagem do Serviço

As alterações implementadas no formulário de submissão possibilitam que os campos recebam nova referência, ordenação e indicação de repetitividade e obrigatoriedade. A característica de repetitividade foi inserida para proporcionar a inserção dos valores na quantidade necessária para um mesmo metadado mantendo a lógica criada já existente no DSpace. Os nomes designados aos campos na customização do formulário, são exibidos também no registro simples do item digital para o usuário para que a informação seja percebida com maior facilidade.

A renderização do formulário customizado ocorre a partir da leitura de um arquivo presente no sistema, chamado “*input-form.xml*”, no qual são mapeadas todas as coleções de acordo com o seu respectivo formulário. Após o preenchimento dos dados do formulário, os mesmos são enviados para o serviço RestDspace, responsável pela abstração das regras de negócio do sistema.

A partir desse mapeamento, todos os itens digitais serão submetidos juntamente com os respectivos metadados, determinados conforme o formulário selecionado. Uma das principais motivações para a construção desta arquitetura de aplicação é que seriam indispensáveis alterações no código do Framework para efetuar as alterações necessárias para a Biblioteca Digital do ME no próprio DSpace. Optou-se por não realizar alterações no código interno do sistema para possibilitar que atualizações sejam efetuadas em lançamentos de novas versões, dispensando a remodelagem das configurações já realizadas a partir da versão 6.

6.3 Modelo de Processo de Inserção

O processo de inserção de novos itens digitais do DSpace padrão é dividido em cinco tarefas. No entanto, foi constatado pelos bibliotecários do ME que esta divisão desfavorece a agilidade na inserção de grandes quantidades de itens digitais. Neste sentido, o serviço de inserção proposto reduz as tarefas de cinco para uma, racionaliza o processo de inserção, diminui o tempo gasto em uma nova submissão e melhora a produtividade dos submissores. O processo proposto pode ser visualizado na Figura 3.

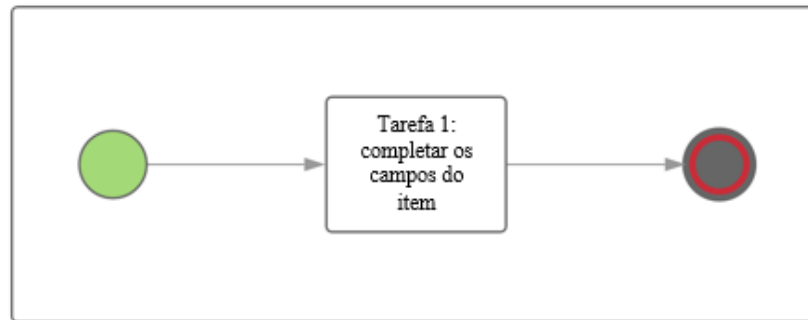


Figura 3. Modelo de processo de inserção proposto (fonte: elaboração do autor)

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Biblioteca Digital do ME foi desenvolvida a partir da arquitetura de microsserviços, na qual o DSpace é visto como um serviço dividido entre módulos, tais como *REST API* e *JSPUI*, e os microsserviços de auxílio customizados e desenvolvidos neste trabalho. Como modo alternativo de arquitetura para sistemas, possibilitou a estruturação da modelagem da arquitetura, de forma que dois serviços foram desenvolvidos. O primeiro serviço com objetivo de inserção de novos itens digitais, a partir de um formulário em um microsserviço que segmenta a estrutura de metadados em dois conjuntos distintos. O segundo serviço com o objetivo de extrair metadados de documentos publicados pela Imprensa Nacional no Diário Oficial da União e inserir na Biblioteca Digital do ME a partir da *REST API* do DSpace.

A arquitetura modelada encontra-se em fase de avaliação, com 13 comunidades, divididas entre áreas de interesse para a instituição, 7 subcomunidades, 73 coleções, relacionadas a essas comunidades e/ou subcomunidades, e 729 itens digitais, totalizando 40 gigabytes de dados.

8. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O principal objetivo deste trabalho foi possibilitar a customização da plataforma DSpace para atender às necessidades do ME e efetuar sua divulgação. Nesse sentido, a plataforma modelada encontra-se em execução em ambiente de produção para gerenciamento dos bibliotecários da instituição. A primeira versão da aplicação encontra-se em fase de produção, também, pelos bibliotecários, e o desenvolvimento da segunda versão está em fase de modelagem, a partir dos novos requisitos demandados, com base no direcionamento desta primeira versão.

Com a customização da interface *JSPUI*, foi possível a adequação da Biblioteca Digital do ME ao padrão utilizado pelo Governo Brasileiro. No entanto, a Biblioteca Digital do ME ainda carece de uma análise de usabilidade baseada em heurísticas de usabilidade para aplicações Web e, desta forma, é proposta de trabalhos futuros, assim como a inserção de modelo de árvores de decisão, o qual já se encontra em andamento, para extração de entidades nomeadas no microsserviço de extração de itens inseridos em repositórios de dados não estruturados como por exemplo o Diário Oficial da União (DOU).

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio das Agências brasileiras de pesquisa, desenvolvimento e inovação CNPq (Projeto INCT SegCiber 465741/2014-2), CAPES (Projetos FORTE 23038.007604/2014-69 e PROBRAL 88887.144009/2017-00) e FAPDF (Projetos UIoT 0193.001366/2016 e SSDDC 0193. 001365/2016), bem como o suporte do Laboratório LATITUDE/UnB (Projeto SDN 23106. 099441/2016-43), e as cooperações com o Ministério da Economia (TEDs DIPLA 005/2016 e ENAP 083/2016) e o Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (TED 002/2017).

REFERÊNCIAS

- Behr, A. R. and Ferreira, M. K., 2016. Customizações no DSpace para melhorar interação do usuário no repositório digital Lume. *Anais de Workshop de Tecnologia de Informação e Comunicação das Instituições Federais de Ensino Superior*. Gramado, Brasil.
- Costa, J. S. B. D. et al., 2015. Implementações no DSpace para disponibilização de recursos educacionais no repositório digital da universidade federal do rio grande do sul. *Anais de Conferencia de Directores de Tecnología de Información*. Viña del Mar, Chile, não paginado.
- International Organization for Standardization. *ISO 15836-1:2017*. 2017.
- International Organization for Standardization. *ISO 3166-1:2013*. 2013.
- International Organization for Standardization. *ISO 639-3:2007*. 2007.
- International Organization for Standardization. *ISO 8601-1:2019*. 2019.
- Safronov, M. and Winesett, J., 2014. *Web Application Development with Yii 2 and PHP*. Packt Publishing Ltd, Birmingham, United Kingdom.
- Shintaku, M. and Meirelles, R.F., 2010. *Manual do DSpace: administração de repositórios*. EDUFBA, Salvador, Brasil.
- Shintaku, M. and Vechiato, F.L., 2018. Histórico do uso do DSpace no brasil com foco na tecnologia. *Revista Informação na Sociedade Contemporânea*, Vol. 2, No. 1, pp. 1-16.
- Silva, P. M., 2008. Sistemas de informação em bibliotecas: o comportamento dos usuários e bibliotecários frente às novas tecnologias de informação. *RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, Vol. 6, No. 1, pp 1-24.
- Viana, C. L. D. M., Márdero Arellano, M. Á., and Shintaku, M., 2005. Repositórios institucionais em ciência e tecnologia: uma experiência de customização do DSpace. *Anais de Simpósio Internacional de Bibliotecas Digitais*. São Paulo, Brasil, não paginado.
- Wei, Z., 2011. Research on the Application of Open Source Software in Digital Library. *Procedia Engineering*, Vol. 15, pp. 1662-1667.
- Weibel, S. L. and Koch, T., 2000. The Dublin Core Metadata Initiative. *D-Lib Magazine*, Vol. 6, No. 12, pp. 1082-9873.
- Welling, L. and Thomson, L., 2003. *PHP and MySQL Web development*. Sams Publishing. Carmel, United States.

UTILIZAÇÃO DE ALGORITMOS GENÉTICOS EM GERAÇÕES DE DADOS DE TESTE DE SOFTWARE COM AGRUPAMENTO DE GENES E REDUÇÃO DE ESPAÇO DE BUSCA

Francisco Vitor Lopes da Frota, Walter Lucas Monteiro de Mendonça,
Daniel Alves da Silva, Márcio A. de Souza Fernandes, Nilton Freitas Barbosa e Edna Dias Canedo
Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília - DF, Brasil - Zipcode 70910-900

RESUMO

Uma das tarefas mais importantes para o desenvolvimento de *software* é a realização de testes que em boa parte das vezes é feita manualmente pelo testador ou desenvolvedor. O processo de teste pode ser facilitado por meio de automação sem a necessidade de intervenção humana e agilizando as tarefas de teste com a geração de dados automatizados. No entanto, a geração de dados de teste de forma automática pode dificultar esse processo em relação a criação e validação que podem necessitar de recursos externos e sobrecarregar o *software*. Este artigo apresenta uma solução simples utilizando algoritmo genético para a criação de dados com baixo número de gerações e com maior qualidade. A solução também mostrou eficiência em relação a não utilização de recursos externos e validação dos dados de teste gerados. A proposta supera algumas abordagens exploradas anteriormente.

PALAVRAS-CHAVE

Algoritmos Genéticos, Algoritmo de Diff Myers, Geração de Dados de Teste

1. INTRODUÇÃO

Testar softwares é de extrema importância para garantir sua qualidade durante o processo de desenvolvimento. As aplicações de testes podem ocasionar um aumento de custos e tarefas ao seu ciclo de vida útil. A maior parte dos esforços de desenvolvimento são alocados para a melhoria da qualidade, de acordo com (Pigoski, 1996). Comumente na indústria, a criação de dados de teste é realizada pelo testador através de um processo manual. Todavia, tal prática é altamente cara e trabalhosa e pode ser substituída pela automação de testes.

A automação de testes busca minimizar os custos de qualidade de software, mas existem fatores que aumentam a complexidade deste processo em comparação ao processo manual. Alguns fatores como: a necessidade de criar e manter *scripts*, gerar e validar a qualidade dos dados gerados. Dentre os fatores mencionados, destaca-se a criação de dados que pode ser realizada por ferramentas automáticas que utilizam técnicas de geração aleatórias ou semi-aleatórias, tais como as propostas por (Scalabrino et al., 2018) e (Frota et al., 2017). No entanto, essas alternativas podem não ser suficientes para a criação de dados com alta qualidade devido a sua natureza aleatória.

Este trabalho apresenta um gerador de dados que realiza a detecção automática de padrões extraídos dos sistemas por meio de um *web scraper*. O algoritmo realiza uma busca no sistema para gerar novos dados, que se assemelham aos armazenados, reduzindo o custo computacional e aumentando sua qualidade. Essa abordagem, diferente de outras encontradas na literatura, busca criar dados que se adaptem aos padrões do software.

O algoritmo se mostrou eficiente na criação de dados, necessitando de uma quantidade menor de gerações para alcançar resultados com alta qualidade sem a necessidade de utilizar recursos externos para validação e medição da qualidade. Foi observada uma taxa de erro abaixo de 10% para alguns dados, que foi reduzida aplicando técnicas específicas mencionadas neste trabalho. A proposta superou algumas abordagens exploradas anteriormente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Existem diversos tipos de abordagens para geração de dados de teste de forma automatizada. Conforme (Michael et al., 1997), alguns métodos para geração de dados são comumente utilizados para automatizar esse processo como a Geração Randômica, Geração Simbólica, Geração Dinâmica e Geração por Algoritmos Genéticos.

2.1 Geração Randômica

A geração de dados de forma randômica consiste em um método simples, que cria múltiplos dados aleatórios, até que um com qualidade alta seja alcançado segundo (Korel, 1990). O problema dessa abordagem é que, em programas complexos, um dado de teste adequado, pode ser difícil de ser encontrado, visto que a quantidade de dados adequados é inferior e a probabilidade de selecionar um dado com qualidade seja muito baixa de acordo com (Michael et al., 1997).

2.2 Geração Simbólica

Geração de dados de execução simbólica consiste em assinalar valores para variáveis, com o objetivo de satisfazer um critério de entrada adequado. Essa alternativa se mostra eficiente em sistemas que podem ser convertidos em abstrações matemáticas. Nesse ponto o algoritmo serve para resolver problemas com expressão algébrica segundo (Korel, 1996). Um dos usos comuns, para resolução desses problemas, é a criação de um laço de repetição com diferentes respostas variando os parâmetros. O problema ocorre quando se tenta obter todas as respostas possíveis, e o loop pode não entrar na solução correta, de forma que o problema tende ao infinito em seu tempo de processamento conforme (Michael et al., 1997).

2.3 Geração Dinâmica

A geração de dados dinâmica, de acordo com (Korel, 1996), é baseado na ideia de que as funcionalidades de um sistema podem ser substituídas por funções programáticas. O objetivo é executar tal função com diversos parâmetros, até que um certo ponto do código seja atingido e, assim, modificar um ou mais variáveis da função até que ela atinja o seu final. A função de avaliação é bastante complexa, mas pode ser avaliada por qualquer entrada. O problema de gerar dados de teste com essa abordagem, é o grau de dificuldade para reduzir o problema a uma função de minimização conforme dito por (Michael et al., 1997).

2.4 Geração por Algoritmos Genéticos

Algoritmos genéticos (AG) são métodos de otimização inspirados nos modelos de seleção natural e genética e podem ser aplicados a uma grande quantidade de problemas, inclusive problemas práticos do dia a dia de acordo com (Coley, 1999). Dentro de um AG o termo cromossomo é usado para indicar uma possível solução, representado geralmente como uma sequência binária.

Segundo (Koza, 1997), um cromossomo é criado a partir de múltiplos genes, se o cromossomo for uma solução em um formato binário, o gene vai ser um "0" ou "1". As soluções são obtidas de uma lista possivelmente infinita de possíveis soluções, conhecida como espaço de busca, que tem como objetivo alcançar a resolução de um problema.

O termo *fitness*, indica a qualidade potencial do cromossomo para resolver um problema preestabelecido. Essa qualidade é representada de uma forma numérica, por vezes binária, sendo resultado de uma função de fitness de acordo com (Booker et al., 1989; Deb et al., 2002). O fitness máximo a ser alcançado é denominado máximo global, enquanto os picos menores são denominados máximos locais. Para algumas aplicações, por vezes, alcançar o máximo global não é necessário para resolver um problema, desde que a solução tenha uma qualidade mínima para aquele problema em específico. As operações básicas de um algoritmo genético incluem seleção, *crossover* e mutação conforme (Deb et al., 2002).

Seleção é o momento em que os cromossomos são selecionados dentro de uma população, simulando o processo de seleção natural. A primeira população é geralmente composta por cromossomos aleatórios conforme (Bodenhofer, 2003). Os indivíduos são classificados com base em seu fitness, e aqueles que possuem pontuação menor têm maior probabilidade de serem descartados.

Segundo (Koza, 1997), crossover é baseado na reprodução animal, a genética dos dois elementos são divididos aleatoriamente e misturados para gerar um novo indivíduo. Assim elementos que tenham alta qualidade podem gerar progêntos com uma maior qualidade, ou mesmo melhor que seus progenitores. De acordo com (Holland et al., 1992), mutação é o processo que garante a variação e inovação do AG, quando múltiplos genes são alterados para manter a diversidade genética.

3. TRABALHOS RELACIONADOS

Alguns trabalhos encontrados na literatura, foram utilizados para comparação com a solução aqui proposta. A solução proposta por (Chang et al., 1996) utilizou em um primeiro momento a geração randômica que obteve a pior performance (alto tempo de execução) alcançando uma cobertura de 93,4% no melhor caso. Todavia, se a complexidade do programa for aumentada, a cobertura decai para 45,5%.

A pesquisa realizada por (Korel, 1996) compara algumas abordagens e relata que, utilizando a geração randômica foi alcançado no máximo 79% de cobertura. Com a geração simbólica alcançou 90% e por fim, utilizando a abordagem dinâmica, foi possível alcançar aproximadamente 99% de cobertura para três programas distintos.

Diferentemente da solução proposta por (Korel, 1996), a geração de dados utilizando AG de (Michael et al., 1997) visa minimizar um teste para uma função numérica. Para realizar a avaliação, é necessário fazer uma abstração do problema para uma função, que exige conhecimento de um especialista, dificultando a execução deste processo. Para os resultados deste trabalho, utilizando a abordagem randômica foi alcançado 77% de cobertura.

Diante dos trabalhos mencionados, a pesquisa atual propõe uma abordagem distinta, simplificada e de fácil aplicação. A proposta e os passos seguidos serão apresentados na seção a seguir.

4. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

A criação de valores representa uma parte significativa do planejamento de testes de tal forma que motive os esforços feitos para a automação dessa tarefa. Algoritmos Genéticos já foram utilizados em diversos estudos para a criação de dados, como mostrado na seção anterior. No entanto, a abordagem proposta neste artigo abstém-se da execução de testes diretamente no sistema, como uma forma de validação, dando ênfase em sua comparação entre os dados.

Entre algumas desvantagens ao se utilizar o próprio sistema para validar os dados, estão:

- Depende totalmente da disponibilidade do sistema para que os dados sejam inseridos, enviando requisições que podem demandar muito tempo de processamento;
- O sistema pode requisitar recursos externos como banco de dados, web servisse e outros módulos, necessitando de conexão via internet, que podem demandar muito tempo para a execução dos testes e validação dos dados.

A solução proposta usa valores mapeados, comparando um(K)valor qualquer com os valores já inseridos no sistema ao invés de utilizar o sistema em si. Para a geração dos valores, a abordagem apresentada é semi-aleatória, baseada em padrões existentes aumentando a possibilidade de um gene novo ser usado na criação de um novo indivíduo. A Figura 1 exibe os passos seguidos para chegar ao melhor resultado de acordo com essa solução.

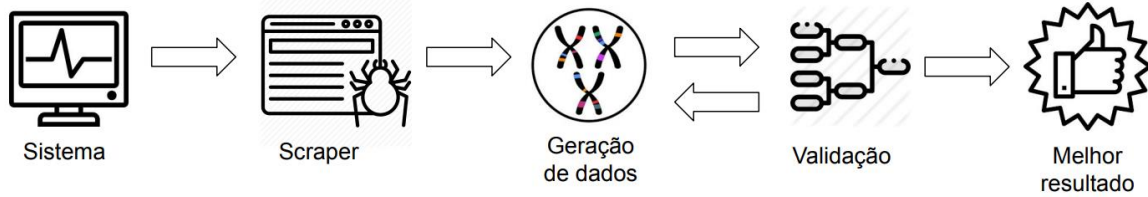


Figura 1. Fluxo de execução da abordagem

No sistema, são armazenados os valores já cadastrados com sucesso, que serviram de base para a criação de novos dados pelo algoritmo genético. Esses valores são extraídos por meio de um *scraper*, e o reconhecimento dos objetos de teste a serem extraídos é feito por uma rede neural.

A partir dos dados extraídos, é criada uma base de dados contendo os caracteres e a proporção de uso de cada um. A partir dessa base de caracteres, novos indivíduos são gerados pelo algoritmo genético, passando pelos processos de criação de novas gerações, crossover e validação.

A validação é realizada por meio da comparação do dado atual gerado com os outros dados anteriormente armazenados na base. Essa comparação gera uma pontuação de *fitness* que diz o quão adequada um dado de teste é para um campo de entrada.

O algoritmo de cálculo de fitness, se baseia no cálculo da diferença dos indivíduos atuais com todos os outros da base. O algoritmo utilizado para realizar a validação é o *difference algorithm* criado por (Myers, 1986). O Algoritmo retorna o valor da diferença entre dois conjuntos de caracteres.

A diferença entre os indivíduos da população é convertida para semelhança, subtraindo a pontuação da diferença da quantidade total de caracteres. A semelhança é calculada para todos os indivíduos da base junto com o atual, logo em seguida, é computada a média da semelhança entre todos os indivíduos.

Por meio dos passos mencionados nesta seção, foi conduzido um experimento para validar os resultados da solução proposta. Tais resultados serão apresentados na seção a seguir.

5. RESULTADOS

Através dos resultados, foi possível validar a qualidade de dados de teste gerados usando algoritmos genéticos. Os tipos de dados utilizados foram E-mail, nome e data, servindo de ponto de partida para a geração de variáveis mais complexas. A Tabela 1 mostra os resultados do *fitness* calculado para alguns dados de data. Podemos observar que os dois primeiros valores são dados inválidos, recebendo um valor de fitness baixo em relação ao terceiro valor, cujo valor é alto identificando um dado adequado.

Tabela 1. Descrição dos dados usados para validação do algoritmo

Dado de teste	Fitness
39-20-3115	64
38-19-2016	48
08-04-2016	85

O algoritmo genético usado para a criação dos valores usa uma abordagem de torneio e mutação. A taxa de mutação é o operador usado para diversificar uma geração de outra. Para este experimento, o de mutação equivale a 0.015 e limitando uma quantidade máxima de 60 gerações. Um valor baixo é usado para que os ganhos de fitness obtidos na geração não sejam perdidos, por outro lado, usar um valor mais baixo que esse faria com que o algoritmo ficasse preso em indivíduos de qualidade menor em maior frequência de acordo com (Srinivas and Patnaik, 1994). Os parâmetros foram selecionados ao executar diversas variações entre o conjunto, escolhendo as melhores entre eles. Os resultados de qualidade dos parâmetros podem ser observados na Figura 2.

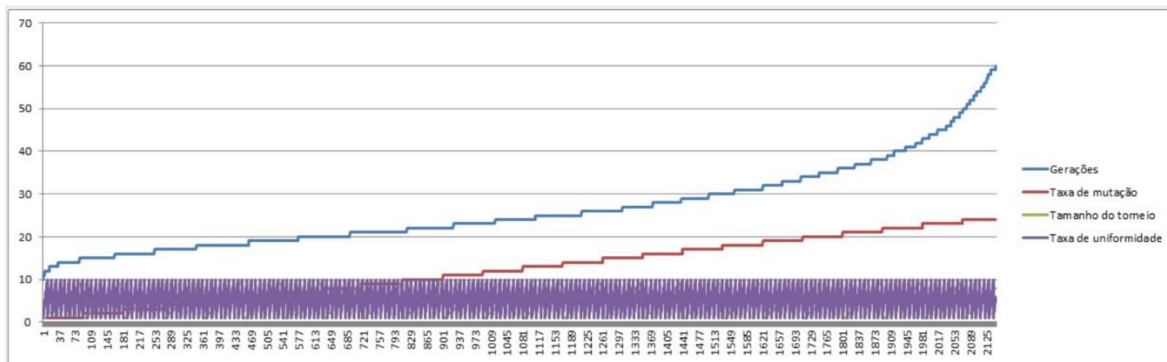


Figura 2. Correlação entre a variação dos parâmetros do algoritmo genético e a qualidade final

A partir dos resultados apresentados na Figura 2, foi possível identificar o conjunto de variáveis com maior performance. A taxa de uniformidade apresentou uma variação que não ocasionou impacto na qualidade final do *fitness*, variando apenas entre 1 e 10 ao decorrer da execução.

Em relação à quantidade de gerações e ao nível de *fitness* dos dados de teste, foi possível aferir que a maior parte do aumento da qualidade ocorre nas primeiras gerações, sendo que as gerações subsequentes servem apenas para aprimorar ainda mais a qualidade, não sendo necessárias na maioria dos casos.

Foram identificados alguns padrões para os dados utilizados no experimento. A data, por padrão, usa números de 1 a 31 para representar os dias do mês, de 1 a 12, para representar os meses do ano e quatro dígitos positivos representando os anos. Para e-mail, são utilizados uma sequência de caracteres, seguidas por '@' e por um domínio de e-mail válido. O nome serve para validar uma cadeia de caracteres intercaladas por espaço. Esses dados foram escolhidos por existirem em muitos dos formulários de cadastro de usuário e também por terem meios distintos de validação como, por exemplo, sequências numéricas com padrões simples, padrões alfanuméricos que contem partes fixas e variáveis.

A implementação do algoritmo foi realizada utilizando a linguagem Java, sendo executada em um computador com processador I5 e 8 gigas de memória RAM. O algoritmo para cada valor foi executado com um número máximo de 60 gerações, ou até atingir um padrão máximo de qualidade. Esse padrão de qualidade é atingido quando há 5 gerações sem melhora ou o indivíduo com mais *fitness* dentre 60 gerações. A Tabela 2 detalha os resultados da execução do algoritmo, sendo a quantidade de erros, o número de gerações até alcançar o melhor resultado, e por fim, o tempo de execução em Milissegundos.

Tabela 2. Resultado de execução dos testes do algoritmo

Dado	Erro	Gerações	Tempo Execução (ms)
E-mail	23	13	3188
Nome	0	24	2293
Data	7	7	650

A massa de dados usada para gerar os E-mails foi dividida em três domínios, 50% com o domínio do 'Gmail' 25% com domínio de 'Yahoo' e 25% com o domínio de 'Hotmail'. Antes de executar o algoritmo genético, foram selecionados da base, dados com as características predominantes, ou seja, no caso específico para e-mails, com a mesma quantidade de caracteres que apareçam mais vezes são selecionados para serem usados pelo algoritmo genético. Com a execução do algoritmo, foi observado que apenas 23% de 100% dos dados gerados, foram descartados por terem baixa qualidade.

Para a geração de dados de data, foram obtidos 1700 valores no formato DD/MM/AAAA, entre o período de 01/01/2015 a 01/01/2016. Para esses resultados, uma taxa de erro de 7%. Existem duas causas distintas para explicar os erros. A primeira consiste em dados com números acima de 31 para dias. A segunda, consistiu em números que não eram válidos para os meses. Dentre os 7 valores errados, 5 foram causados por números inválidos no campo mês.

Esse problema foi resolvido estipulando um *fitness* mínimo de 80 pontos para que o dado seja utilizado em outra geração. Caso o dado não consiga evoluir em um número preestabelecido de gerações e não contenha uma quantidade mínima de qualidade, o algoritmo será executado novamente até alcançar uma qualidade aceitável. Por fim, os dados do tipo nome contêm menos restrições que os demais apresentados, pois são considerados válidos quando há uma sequência de caracteres intercalada por espaços. Para os nomes, não foram apresentados erros, pois o problema é bastante simples.

A alternativa padrão de AG é utilizar uma quantidade maior de caracteres que contemplem os diversos problemas, incluindo: letras, números e símbolos, que resultam em 256 caracteres. De acordo com os resultados apresentados, é possível inferir que a alternativa apresentada aumenta a velocidade de execução, como no caso da geração de datas, o tempo de execução foi reduzido em 95.4%.

5.1 Comparação entre as Abordagens com os Resultados Atuais

Ao observar a Tabela 3, foi possível aferir que a solução proposta, ao utilizar a combinação de AG e Myers' *Diff Algorithm* para o cálculo de *fitness*, mostrou-se mais performática e gerou dados com maior qualidade, superando a maioria das abordagens exploradas em trabalhos anteriores. O resultado foi muito próximo do obtido por Chang et al. (1996).

Tabela 3. Comparação entre as soluções disponíveis na literatura e a proposta neste trabalho

Autor	Abordagem	Porcentagem acerto
[(Chang et al., 1996)]	Randômica	41%
[(Michael et al., 1997)]	Genética	60%
[(Michael et al., 1997)]	Randômica	77%
[(Chang et al., 1996)]	Randômica (Baixa performance)	93,4%
[(Korel, 1996)]	Randômica	67%
[(Korel, 1996)]	Simbólica	63%
Este trabalho	Genética + Myers' Diff Algorithm	93%

Todavia, o tempo para execução e geração dos dados foi altamente elevado, diferentemente da solução apresentada neste artigo. O autor apenas relata que o tempo para a geração foi consideravelmente alto, mas assim como as outras propostas comparadas, não foram relatados tempo de execução, impossibilitando a comparação em relação ao tempo de processamento.

Essa abordagem, também se mostrou eficiente em relação a geração de dados com maior qualidade em poucas gerações, mostrando que a combinação com o algoritmo resultou em benefícios para a geração de dados de teste.

6. DISCUSSÕES

Ao aplicar a técnica de algoritmos genéticos para a geração de dados de teste, foi possível observar que substituição de processos manuais por AG pode minimizar esforços e produzir dados com alta qualidade, sem a necessidade de interação humana, e também podem ser validados sem o uso de recursos externos que podem prejudicar o funcionamento normal do *software* testado.

Esse método se mostrou eficiente em simular a criação de dados com complexidade moderada em valores alfanuméricos, sem dependências entre seus caracteres. Por meio dos experimentos realizados, alguns resultados mostram que é possível melhorar o tempo em relação ao processo manual. Foi possível aferir que a utilização de algoritmos como o *Diff Myers* melhora a qualidade dos dados e que a proposta supera algumas abordagens realizadas anteriormente.

7. TRABALHOS FUTUROS

Como trabalho futuro para o aprimoramento da geração de dados de teste, deseja-se identificar padrões mais complexos em que os diferentes fragmentos de dados sejam dependentes um do outro, tais como: dados que usam fórmulas matemáticas para serem criados como CPFs e números de cartão de crédito. Outra possibilidade seria realizar a comparação com mais técnicas e algoritmos encontrados na literatura, com o intuito de validar ainda mais a eficiência da solução proposta atualmente.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio das Agências brasileiras de pesquisa, desenvolvimento e inovação CNPq (Projeto INCT SegCiber 465741/2014-2), CAPES (Projetos FORTE 23038.007604/2014-69 e PROBRAL 88887.144009/2017-00) e FAPDF (Projetos UIoT 0193.001366/2016 e SSDDC 0193. 001365/2016), bem como o suporte do Laboratório LATITUDE/UnB (Projeto SDN 23106. 099441/2016-43), e as cooperações com o Ministério da Economia (TEDs DIPLA 005/2016 e ENAP 083/2016) e o Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (TED 002/2017).

REFERÊNCIAS

- Bodenhofer, U. (2003). Genetic algorithms: theory and applications.
- Booker, L. B., Goldberg, D. E., and Holland, J. H. (1989). Classifier systems and genetic algorithms. *Artificial intelligence*, 40(1-3):235–282.
- Chang, K. H., CROSS II, J. H., Carlisle, W. H., and Liao, S.-S. (1996). A performance evaluation of heuristics-based test case generation methods for software branch coverage. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, 6(04):585–608.
- Coley, D. A. (1999). *An introduction to genetic algorithms for scientists and engineers*. World Scientific Publishing Company.
- Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., and Meyarivan, T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: Nsga-ii. *IEEE transactions on evolutionary computation*, 6(2):182–197.
- Frota, F. V. L. d., Silva, D. A., Oliveira, R. A., Canedo, E. D., De Sousa, R. T. (2017). Uso de aprendizado de máquina para a automação de testes de sistemasweb.
- Hansen, L. K. and Salamon, P. (1990). Neural network ensembles. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, (10):993–1001.
- Holland, J. H. et al. (1992). *Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. MIT press.
- Korel, B. (1990). Automated software test data generation. *IEEE Transactions on software engineering*, 16(8):870–879.
- Korel, B. (1996). Automated test data generation for programs with procedures. In *ACM SIG-SOFT Software Engineering Notes*, volume 21, pages 209–215. ACM.
- Koza, J. R. (1997). *Genetic programming*.
- Michael, C. C., McGraw, G. E., Schatz, M. A., and Walton, C. C. (1997). Genetic algorithms for dynamic test data generation. In *Proceedings 12th IEEE International Conference Automated Software Engineering*, pages 307–308. IEEE.
- Myers, E. W. (1986). Ano (nd) difference algorithm and its variations. *Algorithmica*, 1(1-4):251–266.
- Pigoski, T. M. (1996). *Practical software maintenance: best practices for managing your software investment*. Wiley Publishing.
- Scalabrino, S., Grano, G., Di Nucci, D., Guerra, M., De Lucia, A., Gall, H. C., and Oliveto, R. (2018). Ocelot: a search-based test-data generation tool for c. In *ASE*, pages 868–871.
- Srinivas, M. and Patnaik, L. M. (1994). Adaptive probabilities of crossover and mutation in genetic algorithms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 24(4):656–667.

PROJETO DE LINKS DE FIBRAS ÓPTICAS USANDO TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Bruno Cesar dos Santos Lima¹, Israel Avanci Marques¹, Nizam Omar²
e Rafael Euzébio Pereira de Oliveira¹

¹*MackGraphe – Centro de Pesquisas em Grafeno, Nanomateriais e Nanotecnologia - Rua da Consolação, 930, São Paulo, SP, Brasil*

²*FCI – Faculdade de Computação e informática MACKENZIE - Rua da Consolação, 930, São Paulo, SP, Brasil*

RESUMO

A comunicação digital em nossa sociedade é fortemente baseada em redes interconectadas usando fibras ópticas. Este cenário exige redes melhores com alto desempenho e baixo custo tanto na operação como no projeto da rede. Efeitos lineares e não lineares afetam o desempenho da comunicação em links ópticos e devem ser levados em consideração no projeto do enlace. O presente trabalho propõe a utilização de algoritmos de inteligência artificial (IA) para prever distorções de atenuação, dispersão e efeitos não-lineares em projetos de links ópticos, garantindo sua otimização autônoma. Propomos o uso de IA para o projeto de um enlace de fibra óptica dados a distância, taxa de operação e taxa de erro de bits (BER) requerida. Comparamos a performance de 4 algoritmos de IA (redes Bayesianas, redes neurais perceptron (MLP), KNN, e Deep Learning) e obtivemos acurácias de até 99% e previsão de enlaces otimizados em recursos de amplificação e compensação de dispersão dentro dos parâmetros estabelecidos com a abordagem Deep Learning e KNN.

PALAVRAS-CHAVE

Redes Ópticas, Fibras Ópticas, Inteligência Artificial, Machine Learning, Rede Neural Artificial, Bayes, Deep Learning

1. INTRODUÇÃO

Os links ópticos são fundamentais para lidar com a transferência de dados em altas taxas transmitidos através da rede global de internet (Zhao, et al, 2017). Com o crescimento exponencial do tráfego devido ao grande fluxo de dados por vídeos *on demand*, *big data* e o advento da internet das coisas (IoT) este cenário tem se agravado (Kyoungyun, et al, 2015), (Shamsuddin, et al, 2015), levando à expansão dos links ópticos existentes e aumentando a demanda por projetos inteligentes de enlaces. A inteligência artificial tem se mostrado uma ferramenta poderosa na solução de problemas em diversas áreas, desde medicina até carros autônomos (Huang, et al, 2004) e com a evolução de componentes de hardware, tem se tornado uma tecnologia promissora e essencial para resolução de desafios científicos complexos.

A pesquisa atual em inteligência artificial aplicada à comunicação óptica conseguiu compensar alguns problemas em enlaces ópticos tais como: gestão dinâmica de amplificadores a fibra dopada com Érbio (EDFAs) (Huang, et al, 2016), monitoramento de desempenho (Wu, et al, 2010) e mitigação de efeitos não-lineares (Gonzalez, et al, 2010). Poucas pesquisas nessa área cobrem o tópico de prever esses efeitos de distorção e fornecer informações para evitar ou diminuir tais distorções no projeto de rede, minimizando os custos de projeto e implementação da rede. Como os algoritmos de machine-learning são extremamente rápidos e podem fazer previsões complexas em poucos minutos, eles possibilitariam a realização de um grande volume de projetos de link ópticos otimizados em um curto espaço de tempo quando comparado ao tempo requisitado por humanos, reduzindo assim seus custos. Esse tipo de solução era inviável anos atrás, pois a automação se limitava a resolver problemas de tarefas repetidas que não exigiam cognição. Entretanto, as técnicas de inteligência artificial vêm se consolidando nessa tarefa de automatizar a resolução de problemas que envolvem lógica e heurística (Tan, et al 2010). O subcampo da inteligência artificial conhecido como “machine learning” tem como vantagens quando comparado à programação clássica o fato de que seus algoritmos aprendem com as informações que contém nos dados e não dependem de um

fluxograma de passos como a programação clássica. Desta forma, os algoritmos de machine learning são capazes de identificar as regras (fluxograma) nos próprios dados, não dependendo de um programador especializado que as insira (Gutzwiller, et al, 2017), o que finalmente contribui para maior automatização do processo de predição dos parâmetros dos enlaces.

Neste trabalho, o projeto de enlaces ópticos são automatizados e otimizados por algoritmos de inteligência artificial onde são fornecidos dados de entrada como o tamanho do enlace, a taxa de transmissão de bits e a taxa de erro (BER) de bits aceitável e o algoritmo retornará a quantidade de amplificadores EDFAs, sua localização no enlace, potência de bombeamento e o comprimento da fibra de compensação de dispersão (DCF) que garantirá a BER desejada. Por se tratar de uma abordagem pioneira em projetos de links para comunicações ópticas, foram realizados estudos comparativos para identificar o algoritmo de inteligência artificial mais apto para otimizar o projeto de links ópticos, sendo utilizados os algoritmos redes Bayesianas, redes neurais perceptron (MLP), KNN, e rede neural Deep Learning.

2. APLICAÇÕES DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM COMUNICAÇÕES ÓPTICAS

São observadas técnicas de inteligência artificial aplicadas em transmissão (Zibar, et al, 2015), controle de amplificação óptica (Huang, et al, 2016), monitoramento de rede (Qos) (Jiménez, et al, 2012), e mitigação de não-linearidades (Karinou, et al, 2017). Também são utilizados diferentes algoritmos de IA, tais como: rede Bayesianas (Zibar, et al, 2016), rede neural perceptron (Wu, et al, 2010) e rede neural deep learning, (Tanimura, et al, 2016) KNN (Wang, et al, 2016), SVM (Thrane, et al, 2017), K-means (Gonzalez et al, 2010). Sendo que os algoritmos SVM e K-means são aplicados na classificação do formato de modulação. (Mata, et al, 2018).

No escopo de inteligência artificial em projetos de links ópticos, o trabalho de Danish Rafique propõe prever o formato de modulação ideal para um enlace ao se utilizar de redes neurais (Rafique, 2018). No presente trabalho pretende-se uma otimização mais abrangente, predizendo com o uso de IA a quantidade de EDFAs e potência de bombeamentos desses amplificadores, como também sua localização e comprimento necessário para a fibra DCF, a fim de corrigir as distorções com o menor uso de equipamentos de regeneração. O pesquisador Darko Zibar realiza uma análise para avaliar os reais benefícios da inteligência artificial em comunicações ópticas, visando eliminar falsas expectativas e enfatizar o grande benefício de automatização que a IA tem oferecido para reduzir o custo humano na resolução de dilemas (Zibar et al, 2017).

Atualmente criação de softwares de programação clássica poderá enfrentar dificuldades na solução de melhorias e suporte tecnológico, dado que são muitas as variáveis que devem ser levadas em consideração na elaboração e construção de um sistema óptico. Assim, evidencia-se que a construção de um pseudocódigo de um software da programação clássica não seria trivial, logo se aponta a necessidade de um suporte “autônomo” para essa finalidade de redução do custo humano.

3. METODOLOGIA

O software VPIphotonics foi utilizado para simulação dos links ópticos, conforme apresentado na figura 1, para obter dados para alimentar o banco de dados utilizado para o treinamento dos algoritmos de machine learning. Os cenários testados envolvem um link óptico composto por um transmissor OOK/NRZ, fibras monomodos (SMF), segmentos de fibras de compensação de dispersão (DCF), amplificadores EDFAs e analisadores de sinais. Foram variados os parâmetros para extrair diversas situações distintas de enlaces ópticos, sendo eles: o comprimento total das fibras SMF (50 - 100 km), número de amplificadores EDFAs (1 - 3), potência de bombeamento (0,01 - 2,2575 W), a taxa de bits do transmissor (40 - 100 GB/s) e o comprimento da fibra de compensação de dispersão (22 - 45 km). O parâmetro de dispersão SMFs foi estabelecido em $18 \mu\text{S}/\text{m}^2$ e a sua inclinação de dispersão em $900 \text{ S}/\text{m}^3$. A dispersão dos DCFs foi fixada em $-40 \mu\text{S}/\text{m}^2$ e a sua inclinação de dispersão foi fixada em $117 \text{ S}/\text{m}^3$, de acordo com as fibras comercialmente disponíveis consultadas. Todos os outros parâmetros são o padrão do VPI.

Os algoritmos de machine learning utilizados nesse estudo foram: redes Bayesianas, algoritmo KNN, rede neural MLP Perceptron e rede neural deep learning. Foram escolhidos esses algoritmos devido à suas aplicabilidades em comunicações ópticas conforme descrito na literatura. Para o treinamento dos algoritmos, foi necessário o uso de dois frameworks de código livre, o software WEKA, uma biblioteca de mineração de dados e aprendizado de máquina que fora aplicada no treinamento dos algoritmos KNN, Rede Bayesiana e MLP. Já a biblioteca H2O de aprendizado de máquina e inteligência artificial foi necessária para o treinamento da rede neural Deep Learning. Os dados adquiridos na simulação computacional com o VPIphotonics foram inseridos em uma planilha eletrônica para normalização e rotulação dos dados. Sendo os rótulos dos dados a descrição dos equipamentos usados na simulação e a BER que cada um dos cenários alcançou.

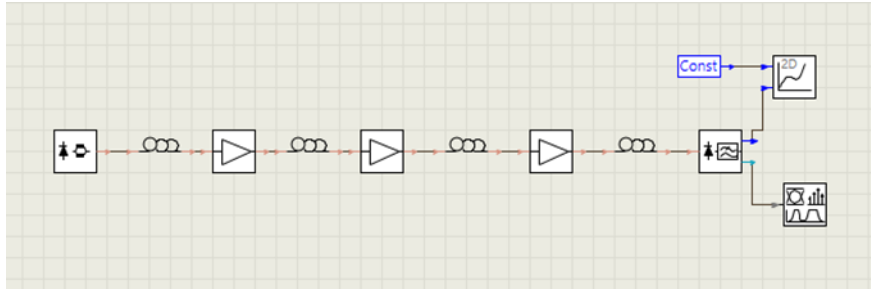


Figura 1. Captura do link óptico no simulador VPI (contendo emissor laser, EDFAs e analisadores de sinal)

4. TREINAMENTO DOS ALGORITMOS

Os algoritmos tentaram encontrar padrões e correlações nos dados, baseando-se nas variações dos parâmetros dos enlaces ópticos. Buscaram encontrar uma taxa de precisão alta na classificação posterior pelos algoritmos e aferir sua capacidade de entender o problema e prever uma resolução adequada. Havendo um total de 301 cenários distintos de links ópticos com suas respectivas BERs obtidas por simulações no VPIphotonics e inseridos nos algoritmos, todos os dados para o treinamento foram rotulados conforme o paradigma de aprendizado supervisionado adotado nesse trabalho.

4.1 Algoritmo Rede Bayesiana

O algoritmo Bayesiano usa o teorema de Bayes para realizar suas análises e classificações, como mostra a equação 1:

$$\text{prob}(B|A) = (\text{prob}(A|B) \text{prob}(B))/\text{prob}(A) \quad (1)$$

A taxa de precisão do algoritmo corresponde à capacidade da rede Bayesiana de classificar corretamente as configurações dos links ópticos ensinados ao algoritmo. Das 301 simulações informadas ao algoritmo, o mesmo alcançou 27% de precisão. Classificou corretamente 84 cenários e classificou incorretamente 217 cenários. O presente trabalho aborda um ambiente multiclasse, porém a rede Bayesiana enfrenta dificuldades em relacionar a correlação entre múltiplas variáveis. Ela ainda apresenta um gap de modelos que permitem aprofundar aplicações em seus resultados. (Figura 3).

4.2 Algoritmo KNN

O algoritmo K – Nearest Neighbors (KNN) analisa os dados medindo a distância euclidiana entre os dados recebidos, a fim de encontrar o número “k” de dados mais próximos do dado desconhecido, sendo ele um algoritmo de classificação não-linear. Foram inseridos 301 dados no treinamento e a taxa de precisão

alcançada foi de 94%, classificando corretamente 285 instâncias e incorretamente 16 instâncias. O algoritmo KNN demonstra robustez na análise de dados multivariados. O banco de dados inseridos no algoritmo contém grande variedade de variáveis e o método de classificação não-linear do algoritmo KNN o torna mais apto para abordagens envolvendo múltiplas variáveis, identificando padrões e correlações dispersas em comparação com algoritmos de classificação linearmente separáveis (Figura 3).

4.3 Rede Neural Perceptron (MLP)

A rede neural perceptron é um subcampo de inteligência artificial, onde funções matemáticas emulam o comportamento biológico do neurônio humano (Figura 2). A parametrização da MLP usada nesse trabalho abrange os seguintes escopos: duas camadas, sendo uma a camada de entrada com 100 “neurônios” e outra uma camada oculta com 150 “neurônios”, uma taxa de aprendizado de 0,5 e um momentum de 0,3, com uma função de ativação sigmoide atingindo 1500 épocas de treinamento. Foram inseridos 301 dados e a MLP alcançou uma precisão de 24%, classificando corretamente a 74 dados e incorretamente a 227. A função de ativação sigmoide apresenta o dilema do gradiente pequeno, ou seja, tende a zero quando a saída não aprendeu, saturando o processo de aprendizado. Isso resulta em níveis de precisão menores. A função de ativação Softmax é mais adequada para problemas generalistas ou ainda um do tipo multiclases como era o caso do estudo do presente trabalho. Fora optado o uso de uma taxa de aprendizado mais elevada (0,5) para diminuir o número de épocas de treinamento, entretanto a MLP só conseguiu treinar com um mínimo de 1500 épocas de treinamento. (Figura 3).

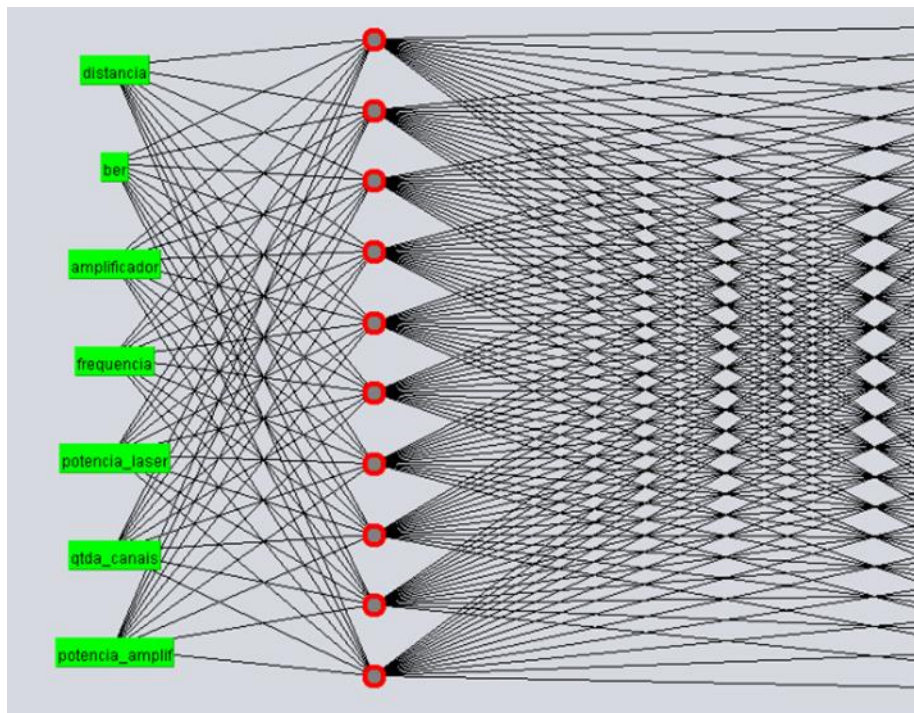


Figura 2. Rede neural MLP treinada no Weka

4.4 Deep Learning

Deep Learning é uma rede neural de múltiplas camadas ocultas, classificada como um subcampo da Machine Learning. A construção de uma rede neural de aprendizado profundo (Deep Learning) foi estabelecida pela biblioteca H2O de código aberto, e quatro camadas foram utilizadas para a parametrização. A primeira camada é a de entrada e na sequência vêm duas camadas ocultas e uma camada de saída. A função de ativação utilizada foi a ReLU, a camada de entrada continha 300 neurônios, as camadas ocultas tinham 400

neurônios cada uma e 300 neurônios totalizava a camada de saída. O número de épocas utilizado foi de 500, atingindo uma taxa de precisão de 99%. Sua função de ativação ReLU não-linear se mostra uma função de redes neurais adequada para trabalhar em ambientes não-linearmente separáveis e com diversas variáveis, diferentemente da função de ativação sigmóide que sofre com um pequeno gradiente (Figura 3).

Treinamento dos algoritmos de machine learning

Algoritmos	Acurácia	Percentual de Acerto	Percentual de Erro
DEEP LEARNING	99 %	300	1
KNN	94 %	285	16
REDE BAYESIANA	27 %	84	287
REDE NEURAL (MLP)	24 %	74	227
Total de dados inseridos no Treinamento dos algoritmos		301	

Figura 3. Acurácia atingida pelos algoritmos no treinamento e valores de acertos e erros

A Deep Learning identificou as variáveis relevantes que influenciam nos resultados, observando que quanto maior a potência tanto maior será a chance de aparição de efeitos não-lineares. Também conclui que ao se aumentar a frequência, potencializa-se o surgimento de dispersão cromática. O tamanho da fibra DCF ideal compensa de forma precisa a dispersão, e esses parâmetros de mitigação do sinal trafegado foram aprendidos pela deep learning (Figura 4).

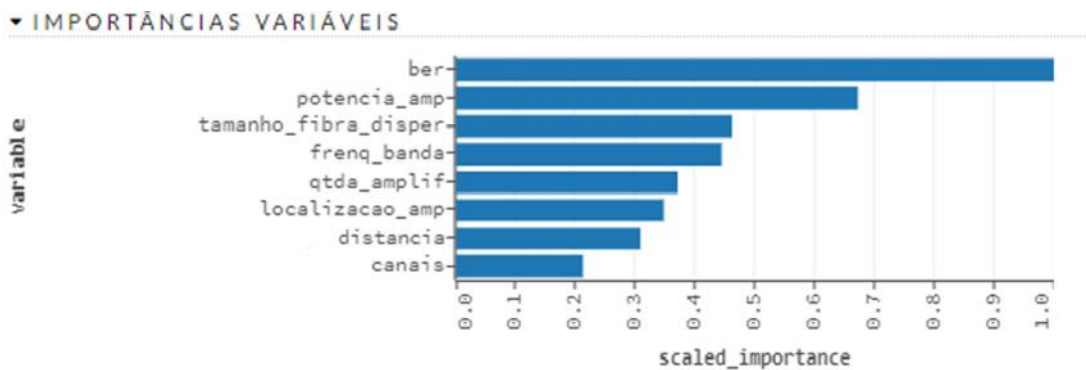


Figura 4. Gráfico de variáveis relevantes no treinamento da deep learning

4.5 Predições dos Algoritmos

Para realizar as predições, fora informado aos algoritmos o comprimento desejado do enlace óptico e a frequência de bits almejada. Desta forma os algoritmos devem retornar a quantidade de equipamentos de regeneração de sinal necessários para alcançar uma BER satisfatória (1×10^{-9}) ou solicitada (1×10^{-10}). As configurações de enlace inseridas nos algoritmos foram as seguintes: 100 km de comprimento total, ora com

100 Gb/s de taxa de transmissão de bits, ora com 40 Gb/s. O algoritmo KNN obteve o melhor desempenho de previsão, atingindo com suas previsões a BER desejada. A Deep Learning apresentou performance semelhante ao KNN, entretanto com pequenas variações na BER idealizada. A rede Bayesiana e rede neural perceptron (MLP) não conseguiram prever links com uma BER aceitável. A figura 5 mostra os resultados.

Link desejado	Algoritmo	Configuração	BER desejada	BER alcançada
100 km de comprimento e 100 Gb/s de frequência	KNN	2 amplificadores EDFAs (com taxa de bombeamento de 750 mW no 1º amplificador e 500 mW no 2º amplificador e o comprimento da fibra DCF 25 km	1.10E-10	1.10E-10
	DEEP LEARNING	2 amplificadores EDFAs (com taxa de bombeamento de 250 mW no 1º amplificador e 100 mW no 2º amplificador e o comprimento da fibra DCF 25 km	1.10E-10	1.10E-14
	MLP	2 amplificadores EDFAs (com taxa de bombeamento de 2575 mW no 1º amplificador e 2575 mW no 2º amplificador e o comprimento da fibra DCF 42 Km	1.10E-10	Detecção inviável
	REDE BAYESIANA	2 amplificadores EDFAs (com taxa de bombeamento de 2575 mW no 1º amplificador e 2575 mW no 2º amplificador e o comprimento da fibra DCF 42 Km	1.10E-10	Detecção inviável
	REDE BAYESIANA	2 amplificadores EDFAs (com taxa de bombeamento de 2575 mW no 1º amplificador e 2575 mW no 2º amplificador e o comprimento da fibra DCF 42 Km	1.10E-10	Detecção inviável

Figura 5. Resultados das predições dos algoritmos treinados (mostra o enlace solicitado aos algoritmos, a configuração que cada algoritmo retornou, e a BER solicitada e alcançada por cada um)

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos são animadores, demonstrando a capacidade da inteligência artificial em aprender dilemas complexos e multifatoriais. Os algoritmos treinados aparentaram levar em conta o problema das distorções ópticas em suas predições e as manobras para amenizar seu impacto. Comparando-se os algoritmos utilizados, o algoritmo KNN apresentou melhor precisão e previsão. A técnica de rede neural Deep Learning obteve resultados semelhantes ao KNN. As redes Bayesiana e MLP apresentaram resultados inferiores e insatisfatórios, apontando uma dificuldade em ambientes com múltiplas variáveis. Tais técnicas podem contribuir para automação de projetos de links ópticos em paralelo, reduzindo o custo final dos projetos de links ópticos com mão de obra qualificada ao fazer uso mais inteligente dos recursos de rede com construção rápida (quando comparado com o *delay* humano). Evita-se, assim, paralisações do link pela manutenção corretiva ou a perdas das informações trafegadas. As direções futuras desse trabalho apontam para deixar o cenário de simulações mais realista do ponto de vista dos desafios da comunicação óptica, acrescentando canais ao enlace e adicionando-se formatos de modulação mais complexos (QAM, PSK). Paralelamente, tensiona-se usar o paradigma de aprendizado não-supervisionado, a fim de que os algoritmos possam encontrar padrões desconhecidos nas comunicações ópticas que sejam relevantes cientificamente. Por fim, dado que tecnologias como Big Data, IoT, computação em nuvem e mineração de dados estão apenas no começo, devem haver preparativos para a crescente demanda por conectividade, onde cientistas e governos terão que providenciar soluções inovadoras e eficientes que garantam um uso confortável para as tecnologias de comunicações digitais, onde a automação desponta como uma candidata para tal tarefa.

AGRADECIMENTO

Esse trabalho foi apoiado pela FAPESP (grants. nº 2012/50259-8 e nº 2015/11779-4), CNPq, e MackPesquisa.

REFERÊNCIAS

- Gonzalez N.G., D. Zibar, I.T. (2010) Monroy Cognitive digital receiver for burst mode phase modulated radio over fiber links Optical Communication (ECOC), 36th *European Conference and Exhibition*, IEEE, pp. 1-3.
- Gutzwiller, R. S., Reeder, J. (2017) “Human interactive machine learning for trust in teams of autonomous robots”. In: *IEEE Conference on Cognitive and Computational Aspects of Situation Management*. doi: 10.1109 / COGSIMA.2017.7929607
- Huang C., M. Liu, S. Chu, C. Cheng. (2004) Application of machine learning techniques to web-based intelligent learning diagnosis system *Fourth International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS'04)*.
- Huang Y., W. Samoud, C.L. Gutterman, C. Ware, M. Lourdiane, G. Zussman, P. Samadi, K. Bergman (2016) A machine learning approach for dynamic optical channel add/drop strategies that minimize EDFA power excursions. *Proceedings of ECOC 2016; 42nd European Conference on Optical Communication*, VDE, pp. 1-3.
- Jiménez T., JC Aguado, I. de Miguel, RJ Durán, N. Fernández, M. Angelou, D. Sánchez, N. Merayo, P. Fernández, N. Atallah, et al. (2012) A cognitive system for rapid transmission quality assessment in central optical networks *Fiber Optic Communication Conference and Exhibition (OFC / NFOEC)*, e *Conferência Nacional de Engenheiros de Fibra Óptica*, IEEE (2012), pp. 1 – 3.
- Karinou F., N. Stojanovic, C. Prodaniuc, M. Agustin, J. Kropp, N.N. Ledentsov (2017) Solutions for 100/400-Gb/s ethernet systems based on multimode photonic technologies. *J. Lightwave Technol.*, 35 (15), pp. 3214-3222.
- Kyoungyun P., M. Chau Nguyen, H. Won. (2015) “Web-based collaborative big data analytics on big data as a service platform”. In: *International Conference on Advanced Communication Technology*. doi: 10.1109/ICACT.2015.7224859
- Mata J., I. Miguel, R. Durán, N. Merayo, S. Singh, A. Jukan, M. Chamania. (2018) Artificial intelligence (AI) methods in optical networks: A comprehensive survey *Optical Switching and Networking*, Pages 43-57.
- Rafique, D. (2018). Machine Learning Based Optimal Modulation Format Prediction for Physical Layer Network Planning. 1-4. Disponível: doi: 10.1109 / ICTON.2018.8473593
- Shamsuddin, S. M.; Hasan, S. (2015) “Data science vs big data @ UTM big data centre”. In: *International Conference on Science in Information Technology*. doi: 10.1109 / ICSITech.2015.7407766
- Tan, T. G.; Teo, J.; Anthony, P.. (2010) “A simple heuristic search method for the automatic generation of neural-based game artificial intelligence architectures in Ms. PacMan”. In: *International*. doi: 10.1109 / ISSPA.2010.5605407
- Tanimura T., T. Hoshida, J.C. Rasmussen, M. Suzuki, H. Morikawa (2016) OSNR monitoring by deep neural networks trained with asynchronously sampled data 2016 21st OptoElectronics and Communications Conference (OECC) Held Jointly with 2016 *International Conference on Photonics in Switching (PS)*, IEEE, pp.1-3.
- Thrane J., J. Wass, M. Piels, J.C. Diniz, R. Jones, D. Zibar (2017), Machine learning techniques for optical performance monitoring from directly detected PDM-QAM signals *J. Lightwave Technol.*, 35 (4) pp. 868-875.
- Wang D., M. Zhang, M. Fu, Z. Cai, Z. Li, Y. Cui, B. Luo (2016) KNN-based detector for coherent optical systems in presence of nonlinear phase noise 2016 21st OptoElectronics and Communications Conference (OECC) Held Jointly with 2016 *International Conference on Photonics in Switching (PS)*, IEEE, pp. 1-3.
- Wu X., J.A. Jargon, R.A. Skoog, L. Paraschis, A.E. Willner (2010) Applications of artificial neural networks in optical performance monitoring *J. Lightwave Technol.*, 27 (16) (2009), pp. 3580-3589 *Conference on Information Science, Signal Processing and their Applications*.
- Zhao C. Hongwei C. Quanchun L. (2017) “Bayesian algorithm-based traffic prediction of big data services in OpenFlow controlled optical networks”. In: *IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis*. doi: 10.1109 / ICBDA.2017.8078752
- Zibar D., L.H.H. de Carvalho, M. Piels, A. Doberstein, J. Diniz, B. Nebendahl, C. Franciscangelis, J. Estaran, H. Haisch, N.G. Gonzalez, et al. (2015) Application of machine learning techniques for amplitude and phase noise characterization. *J. Lightwave Technol.*, 33 (7), pp. 1333-1343.
- Zibar D., M. Piels, R. Jones, C.G. Schäffer. (2016) Machine learning techniques in optical communication *J. Lightwave Technol.*, 34 (6), pp. 1442-1452.
- Zibar D., Wymeersch H., Lyubomirsky I. (2017) Machine learning under the spotlight *Nature Photonics* volume 11, pages 749–751.

DOJON: VIRTUALIZANDO O CONCEITO DO CODING DOJO EM UM AMBIENTE COLABORATIVO PARA A PRÁTICA DE PROGRAMAÇÃO

Sahudy Montenegro González¹, Annabell del Real Tamariz² e Natalie Fernández del Real³

¹Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Computação de Sorocaba, Rod. SP-264, KM 110. Sorocaba, SP, 18052-780, Brasil

²Universidade Estadual do Norte Fluminense, Laboratório de Ciências Matemáticas, Brasil

³Universidade Estadual do Norte Fluminense, Av. Alberto Lamego, 2000. Campos dos Goytacazes, RJ, 28013-602, Brasil

RESUMO

Um *Coding Dojo* é um encontro de programadores para trabalhar em conjunto desafios de programação. O objetivo é que os participantes aprendam e treinem de uma maneira divertida, melhorando suas habilidades de programação e de trabalho em grupo. Com o intuito de melhorar a aprendizagem, propõe-se a virtualização do conceito de *Coding Dojo*. Este artigo apresenta o sistema *DojOn (Dojo Online)*, um ambiente Web colaborativo para a prática de programação. Para atender os requisitos do *Coding Dojo*, o ambiente é composto por: (1) um editor de texto; (2) compilador/interpretador para várias linguagens; (3) *chat* para a interação entre usuários; (4) um gerenciador de tempo; e (5) um repositório de problemas. Adicionalmente, apresenta-se uma proposta de avaliação dos resultados de uso do ambiente, que visa medir com estatística descritiva a interdependência entre a aprendizagem colaborativa e a aprendizagem individual, a partir da análise das interações dos usuários no ambiente.

PALAVRAS-CHAVE

Aprendizagem Colaborativa, *Coding Dojo*, Programação em Pares, Ambiente Virtual Colaborativo, Estatística Descritiva, Matriz de Adjacência

1. INTRODUÇÃO

O aprendizado colaborativo se baseia em princípios construtivistas. Espera-se que os aprendizes construam conhecimento mediante interação e colaboração em pequenos grupos, resolvendo um desafio em comum e evitando a competitividade (Nyikos & Hashimoto, 1997). O Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos (Pellegrino & Hilton, 2012) recomendou que as instituições de ensino superior desenvolvessem as habilidades de colaboração e trabalho em equipe em seus alunos, como parte das chamadas competências do Século XXI. Adicionalmente, trabalhos científicos mostram evidências de que a interação social em ambientes virtuais contribui com o aprendizado efetivo (Hiltz, et al., 2000). De acordo com (Prikladnicki, 2015), alguns estudos da literatura relatam que a programação em grupo, como por exemplo *Coding Dojo*, apresenta bons resultados no ensino de programação.

Um *Coding Dojo* (Sato, et al., 2008) é um encontro onde um grupo de programadores se reúne para trabalhar concomitantemente em um desafio de programação. O objetivo é que os participantes aprendam e treinem de uma maneira divertida, através de uma metodologia pragmática, melhorando, assim, suas habilidades de programação e de trabalho em grupo. Como parte do trabalho descrito em (Da Luz, et al., 2013), uma pesquisa digital com diferentes grupos de *Coding Dojo* no Brasil foi realizada, e concluiu-se que essa atividade favorece a colaboração em ambientes de aprendizado. Em (Heinonen, et al., 2013), expõe-se que 82% dos participantes (alunos de cursos de Engenharia de Software) recomendariam a participação em sessões de *Coding Dojo* para seus colegas.

Desta forma, apresentam-se algumas evidências de que um ambiente colaborativo integrado à metodologia do *Coding Dojo* pode ser de benefício para a aprendizagem de programação ou o reforço dessa aprendizagem. Assim, o objetivo deste artigo é apresentar o ambiente virtual colaborativo, *DojOn - Dojo*

Online, que visa propiciar o encontro entre usuários para a prática de programação, seguindo a metodologia do *Coding Dojo*, com a finalidade de facilitar sua realização, usufruindo dos vários benefícios que a Web oferece. Para isso, o sistema visa proporcionar os recursos e requisitos do *Coding Dojo* em sessões *online*.

Para a melhor compreensão do trabalho, este é dividido da seguinte maneira: a Seção 2 oferece uma visão geral da metodologia do *Coding Dojo*; a Seção 3 apresenta a justificativa da relevância da proposta a partir de trabalhos relacionados; a Seção 4 descreve o sistema *DojOn* e expõe os princípios de projeto básicos, sua arquitetura, o protótipo e um cenário que ilustra seu funcionamento; a Seção 5 propõe um método de avaliação dos resultados de uso do ambiente por meio das interações dos usuários; por fim, as considerações finais do trabalho e as perspectivas de trabalhos futuros são apresentadas na Seção 6.

2. VISÃO GERAL DO CODING DOJO

Coding Dojo (Sato, et al., 2008) (Bravo & Goldman, 2010) é uma atividade que tem sido utilizada por programadores para treinar práticas ágeis de programação. Em uma sessão de *Coding Dojo*, programadores se juntam para aprender uns com os outros em um ambiente social amigável. O objetivo do *Coding Dojo* é a prática de metodologias ágeis, especialmente, o desenvolvimento guiado por testes (*Test Drive-Development - TDD*), programação em pares e *baby steps* para o aprendizado, aperfeiçoamento e, até desenvolvimento de sistemas. O propósito principal é que o participante melhore a forma como escreve seus códigos de programas, podendo aprender com a experiência de outros participantes. Isto pode ser corroborado com o trabalho experimental descrito em (Da Luz, et al., 2013), o qual teve 64 participantes (com mais de 10 sessões de *Coding Dojo*). A maioria dos participantes da pesquisa (64%) respondeu que os *baby steps* simplificam o processo de achar a solução, o uso de TDD ajuda aprender a metodologia e a programação em par ajuda a nivelar o grupo.

Um *Coding Dojo* normalmente é realizado em um intervalo de tempo de uma a duas horas. Ele pode ser realizado em diversas linguagens de programação. O primeiro passo para realizar um *Coding Dojo* é escolher um desafio de programação. Não há a necessidade de resolver ou terminar o desafio durante o *Coding Dojo*. Em turnos de tempo limitado, um par de programadores <piloto e copiloto> trabalha na solução, usando um computador, fazendo pequenos passos na direção da solução, usando TDD e, o mais importante, comunicando a ideia aos espectadores. A tela desse computador é projetada para que todos os participantes tenham acesso ao que está sendo desenvolvido pela dupla. Quando o tempo acaba, o piloto, que é o que está escrevendo o código, se junta ao resto dos espectadores. O copiloto, que é quem ajuda o piloto, passa para o lugar do piloto, sendo a vez de ele escrever código. Um voluntário da plateia torna-se copiloto. Cada turno pode ter um programador mais experiente e um iniciante, para assim aprenderem juntos.

3. JUSTIFICATIVA E TRABALHOS RELACIONADOS

Alguns trabalhos foram conduzidos com o fim de investigar os benefícios que o *Coding Dojo* pode trazer aos estudantes de programação e ao desenvolvimento de software, tais como (Oliveira, et al., 2018) (Heinonen, et al., 2013) (Da Luz, et al., 2013) (Rocha, et al., 2018) (Fonseca, et al., 2019). Em todos os casos, as conclusões são claras e afirmam que os alunos envolvidos nos experimentos executados alegam que a experiência é positiva.

Por outro lado, pesquisas recentes apostam em ambientes virtuais colaborativos em diversas áreas e destacam os benefícios do uso desses ambientes para o desenvolvimento promissor dos seus usuários. Dentre elas, os autores de (Jevremovic, et al., 2018) propõe uma ferramenta virtual, WIDE, para uso colaborativo na execução de atividades para o ensino da disciplina de Desenvolvimento Web. ZHANG, et al. (2018) descrevem o ambiente CoMove para ajudar na interação social e comunicação de pacientes com *Autism Spectrum Disorder* (ASD).

A proposta de um ambiente como o *DojOn* pode tirar proveito das vantagens da tecnologia de ambientes virtuais aliada à metodologia do *Coding Dojo*. Para reforçar esta proposta, no contexto de um estudo de caso o autor da pesquisa descrita em (Estácio, 2017), que estava presente em sessões de *Coding Dojo*, identificou melhorias a partir de comentários dos participantes e o autor afirma que “uma infraestrutura adequada se faz importante para a dinâmica da prática, especialmente um conjunto de atalhos que seja entendível para todos

os participantes”(p.111), o que seria simples de suprir quando os alunos podem trabalhar no seu próprio computador de maneira *online*. Este é o caso dos *Virtual Pair Programming* (VPP). O trabalho descrito em (Zacharis, 2010) (Zacharis, 2009) expõe experimentos de ensino de Java usando VPP, com resultados que confirmam as hipóteses que estudantes em pares programam usando um código melhor, e percebem a experiência de aprendizado virtual e em pares como sendo positiva.

4. DOJON

Os usuários indicados para usar o *DojOn* são programadores ou iniciantes em programação. Em uma mesma sessão, podem haver usuários com diferentes níveis de experiência, o que é recomendado, pois a situação acaba gerando aprendizado para aqueles mais novatos e desafios para aqueles mais experientes e entendimento mútuo do problema (Nyikos & Hashimoto, 1997) (França & Tedesco, 2014). Uma vez começada uma sessão, cria-se uma fila com o primeiro participante que começará o desafio e a sequência dos próximos. Um problema de programação é exibido para que todos o visualizem. Define-se, então, um valor de tempo (n minutos) para todo participante acatar na sua vez. Após n minutos, é a vez do próximo participante na sequência. Essa rotina acontece até o problema ser resolvido ou até que não haja mais participantes na sessão. Todos podem se comunicar via *chat*. A Figura 1 é o fluxograma do sistema, que ilustra o processo descrito anteriormente.

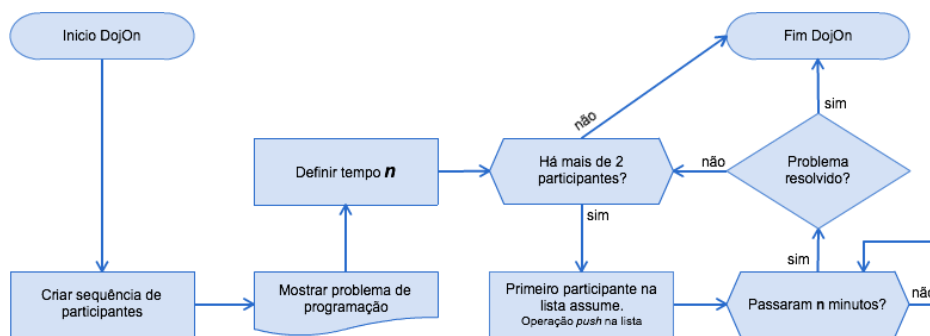


Figura 1. Fluxograma do *DojOn*

Com o uso de TDD, os participantes do *Coding Dojo*, além de escrever código em uma linguagem de programação, devem escrever testes, constituindo o único mecanismo de verificação do funcionamento correto do código. Existem variados *frameworks* para suporte de testes automatizados. Normalmente, cada *framework* permite testar uma linguagem de programação específica, por exemplo: RSpec permite testar código em Ruby, JUnit em Java, Jasmine em JavaScript.

4.1 Objetivos do *DojOn*

Assim como exposto em (França & Tedesco, 2014), com a utilização contínua do sistema, espera-se desenvolver habilidades nos participantes. Elas são: (1) trabalhar de maneira colaborativa para produzir uma solução de consenso; (2) discutir alternativas de soluções de problemas durante o desenvolvimento da solução de consenso. Consequente e inerentemente ao processo, espera-se dos participantes: (3) o desenvolvimento do pensamento computacional; (4) aprender a partir do conhecimento dos outros participantes; (5) desenvolver o próprio conhecimento a partir da revisão das soluções; e (6) auto aprimorar o processo de resolução de problemas de programação a partir do *feedback* fornecido pelos pares, pois durante as sessões se apontam equívocos e sugerem-se melhorias das soluções do problema tratado.

4.2 Requisitos do *DojOn*

Para funcionar de acordo com o previsto, o sistema deve atender dez requisitos. Os mesmos foram divididos em dois conjuntos. O primeiro refere-se aos requisitos impostos pelo *Coding Dojo* ou os recursos para agir de acordo com sua metodologia. O segundo conjunto se refere aos princípios de projetos definidos pelas pesquisadoras, autoras deste trabalho.

Do *Coding Dojo*: (1) ser colaborativo: permitir que a solução de um problema seja construída em conjunto; (2) permitir interação comunicativa entre os usuários; (3) ter um gerenciador de tempo de uso dos participantes; (4) apresentar um problema de programação; (5) permitir desenvolvimento guiado a testes; (6) para cumprir o anterior, o editor de código deve permitir a criação/edição de, pelo menos, dois arquivos, um para o código e outro para teste; e (7) começar as sessões de *Coding Dojo* com a presença virtual de três ou mais participantes. No caso deste último requisito, em uma sessão de *Coding Dojo* presencial, os usuários devem esperar que haja pelo menos dois participantes. Porém, a recomendação do autor de (Estácio, 2017) é a presença de três participantes, no mínimo. Com isto, esperam-se resultados mais satisfatórios quanto à aprendizagem colaborativa.

De sistema: (8) ser Web-IDE; (9) ser de código aberto; e (10) oferecer suporte a várias linguagens de programação e não se restringir a apenas uma, assim como, oferecer suporte para a inclusão de novas linguagens de programação.

4.3 Módulos do Sistema

Para atender os requisitos listados na Seção 4.2, o sistema possui os seguintes componentes básicos: editor de texto; compilador e/ou interpretador; meio de comunicação (*chat*) entre os participantes da sessão; gerenciador de uso; gerenciador de tempo; e gerenciador de problemas de programação.

A Figura 2 mostra a estrutura de *DojOn* e a relação entre os componentes básicos do sistema. O usuário pode: digitar o código fonte do programa no editor de texto; solicitar a execução de um arquivo no compilador/interpretador (que retorna mensagens de erros e/ou a saída do arquivo); interagir com outros usuários e ter retorno mediante o meio de comunicação; escolher o intervalo de tempo para utilização do editor, usando o gerenciador de tempo (que mostra o tempo restante que o usuário ainda tem); ler e mudar de problema de programação, usando o gerenciador de problemas.

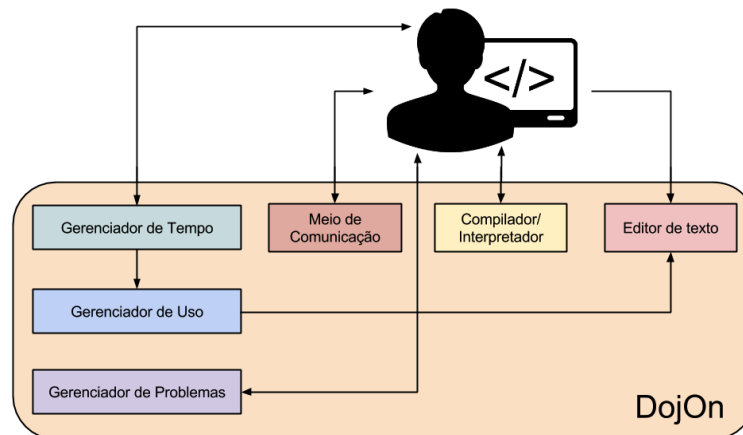


Figura 2. Módulos do *DojOn*

O *DojOn* tira proveito dos recursos já disponíveis no Cloud9, integrando os mesmos como parte do ambiente. Adicionalmente, o *DojOn* é encarregado de desenvolver os gerenciadores de tempo, de usuários e de problemas de programação, que são recursos referentes ao *Coding Dojo*. O *Dojo Puzzles* é uma página Web que possui um repositório de problemas de programação. O gerenciador de problemas do *DojOn* mostra na interface, para os usuários, problemas de programação presentes no *Dojo Puzzles*, simplificando o desenvolvimento do módulo ao reusar uma base de problemas.

O *gerenciador de tempo* mostra um relógio com a contagem regressiva do tempo restante, além de emitir um aviso ao acabar. Esse gerenciador repassa para o gerenciador de uso o intervalo de tempo escolhido pelo usuário. O *gerenciador de uso* mantém uma fila de participantes por sessão e habilita ou desabilita a utilização do editor, mostrando um sinal vermelho ou verde para avisar ao usuário que é ou não a sua vez. Portanto, os recursos do *DojOn* são quatro: o *timer*, o sinal, o problema e o *chat*. Apesar do *chat* não ser um recurso especificamente manipulado por nenhum dos gerenciadores, ele é um recurso que o ambiente disponibiliza para interação entre os usuários.

A Tabela 1 mostra um resumo da execução dos requisitos de projeto, apontando a tecnologia utilizada. Como pode ser observado na tabela, todos os dez requisitos são atendidos.

Tabela 1. Requisitos do *DojOn* e as tecnologias utilizadas

Requisitos	Solução
1,2,5,6,8,9	<i>DojOn</i> e Cloud9
3,7	<i>DojOn</i>
4	<i>DojOn</i> com <i>Dojo Puzzles</i>
10	<i>DojOn</i> e Cloud9 (Java, C, Ruby, JavaScript, etc.)

4.4 Cenário de Uso: Rotina de Participação

Um cenário de uso do sistema é ilustrado na Figura 3. O cenário descreve um desafio em que os participantes terão que implementar uma solução para o problema das *Palavras Primas* (visualizado no canto esquerdo inferior da tela). Este cenário visa descrever o processo de participação de um usuário no *DojOn*, detalhando-se a sequência de passos a ser seguida por este e pelos demais participantes. No mesmo, mostram-se os recursos e os gerenciadores envolvidos.

Recursos envolvidos: *timer*, sinal. **Gerenciadores envolvidos:** de tempo, de uso.

Quando um usuário decide começar, este deve apertar o botão *Começar* e um sinal verde será acesso (destacados em vermelho na Figura 3). O tempo predefinido começará a contar (neste caso, de cinco minutos). Assim que o tempo acabar, aparece uma mensagem informando que o tempo se esgotou, e um sinal vermelho será acesso. É a vez de outro usuário. Este agora deve apertar o botão *Começar* novamente. A contagem do tempo inicia-se mais uma vez (mais cinco minutos). Essa rotina se repete até que o problema seja terminado. Aproveitando a figura, a interface mostra, também, dois participantes da sessão interagindo no *chat*.

5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A aprendizagem colaborativa pressupõe a realização de atividades de forma coletiva, onde, a tarefa de um complementa o trabalho de outros (Silveira, et al., 2012), (Silva, et al., 2015), que é a proposta do *Coding Dojo*. Partindo dessa afirmação, a hipótese criada é: *a colaboração entre usuários com níveis diferentes de experiência influencia na finalização do problema?* A partir da hipótese criada, espera-se analisar se os objetivos do sistema estão sendo atingidos. Os indicadores definidos para a avaliação são: a tendência na formação de pares em uma sessão e a correlação desse primeiro indicador com a finalização do problema. Sato et al. (2008) esclarecem que o objetivo do *Coding Dojo* não é finalizar a tarefa, mas contribuir com a aprendizagem. Porém, a finalização do problema é uma consequência do aprendizado. A finalização do problema envolve a coleta de: (i) o tempo de resolução do mesmo, e (ii) seu sucesso (0: não chegou em uma solução, 1: problema resolvido com sucesso).

Para avaliar a interdependência entre a aprendizagem colaborativa e a aprendizagem individual, utiliza-se a análise das interações dos usuários no ambiente. Para isto, coletam-se dados através do sistema e da observação dos participantes em sessões *on-line*. Em (Silva, et al., 2015), um grafo direcionado e a matriz de adjacência correspondente são utilizados para representar e analisar as conversações numa sala de bate-papo mediante a associação de cada mensagem enviada. Neste trabalho, usa-se um grafo direcionado para representar a interação dos pares <*piloto,copiloto*> para cada sessão do *DojOn*. Para facilitar a observação e a coleta de dados, a resolução de cada problema é considerada uma sessão.

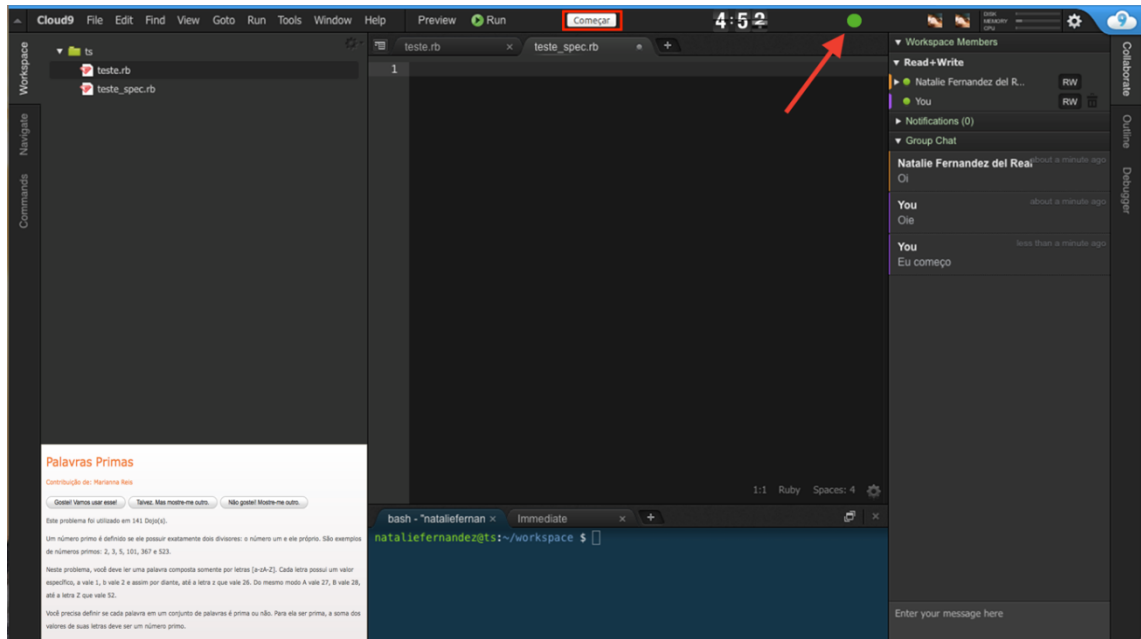


Figura 3. Interface do sistema: Usuário clica em *Começar*, a contagem regressiva começa e um sinal verde aparece

Para cada sessão, observa-se, também, o tempo de duração estabelecido para cada par de usuários, o nível de dificuldade do problema e se uma solução para o problema foi atingida. A primeira característica é coletada pelo sistema e as últimas duas características são coletadas por observação no experimento.

A interação entre participantes de uma sessão pode ser representada por um grafo direcionado e rotulado, $G = \{U, A\}$, onde U é o conjunto dos usuários participantes da sessão de *DojOn* e A é conjunto de pares ordenados $\langle U_i, U_j \rangle$, $U_i, U_j \in U$. As arestas em A representam a participação em pares em uma sessão, onde U_i é o piloto e U_j é o copiloto. O grafo pode ser desconexo, pois pode existir, pelo menos, um par de usuários que não está ligado por nenhum caminho, caso que pode acontecer quando um copiloto não quer assumir a posição de piloto na sua vez (na Figura 4(a), o par $\langle \text{Enrico}, \text{Luis} \rangle$).

Um grafo pode ser expressado por uma matriz de adjacência M , onde cada entrada $M_{i,j}$ contém o somatório dos pesos da experiência dos usuários envolvidos U_i e U_j . Para isto, cada usuário do sistema possui a propriedade *experiência em programação*. Essa propriedade pode ter dois valores: peso $0,5$ para nada ou pouco experiente, peso $1,0$ para programadores com experiência. Ao entrar no sistema, cada usuário é obrigado a configurar esta característica. Assim, os possíveis valores para as células de M são 0 (sem interação), 1 (piloto e copiloto inexperientes), $1,5$ (piloto e copiloto com diferentes níveis de experiência) e 2 (piloto e copiloto experientes).

Usando a matriz de adjacência M de G , o grau de saída S_i de um vértice i representa quantas vezes o usuário U_i participou como piloto na sessão e pode ser obtido contando o número de entradas positivas da linha i de M . O grau de entrada E_j de um vértice j representa quantas vezes o usuário U_j participou como copiloto na sessão e pode ser obtido contando o número de entradas positivas da coluna j de M .

Para avaliar se o compartilhamento de experiência entre os participantes de uma sessão influencia na finalização do problema, as métricas propostas para avaliação da hipótese avaliam a distribuição estatística dos pares de participantes. Considera-se como melhores, os valores centrais (1,5), que significam uma distribuição ideal de pares $\langle \text{piloto}, \text{copiloto} \rangle$ com diferentes níveis de experiência. Para valores de 1 , a sessão teve mais pares de participantes inexperientes e, para valores de 2 , a sessão teve mais pares de experientes.

As métricas são: a *moda* dos valores positivos da matriz de adjacência, que mede a tendência central dos pares de usuários em relação à experiência (primeiro indicador); e o *coeficiente de correlação de Pearson* entre a moda e a finalização do problema (tempo e sucesso) para um conjunto de valores de sessões, possibilitando o cálculo do segundo indicador e a verificação da hipótese (nula, positiva, negativa).

5.1 Análise de Dados

Para ilustrar a proposta de avaliação dos resultados, a Figura 4(a) representa uma sessão de *Coding Dojo* acontecida na universidade para implementar o problema do *Jogo de Tênis* na linguagem Ruby. Nela, participaram 9 usuários (identificados por pseudônimos). Ao finalizar a sessão, após 90 minutos, o problema não foi resolvido.

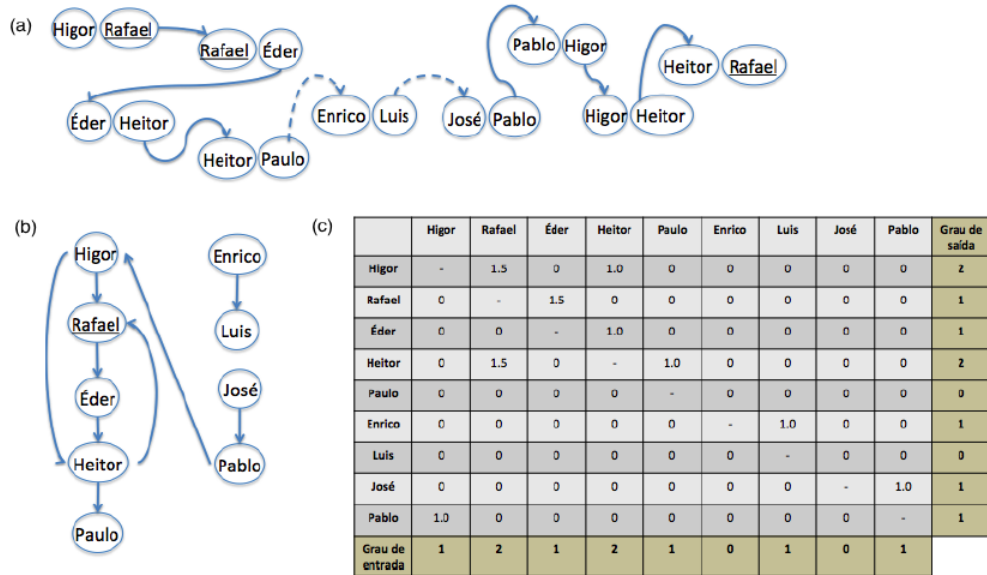


Figura 4. Uma sessão: (a) Sequência completa dos pares $\langle \text{piloto}, \text{copiloto} \rangle$ (b) Grafo da sessão (c) Matriz de adjacência

O grafo que representa a sessão é ilustrado na Figura 4(b). O Rafael (sublinhado) é o único participante desenvolvedor de aplicações com anos de experiência e os outros 8 participantes são alunos do curso de Ciência da Computação. A matriz de adjacência associada ao grafo da sessão é representada na Figura 4(c). A partir dela, pode-se observar que o usuário Higor foi 1 vez copiloto e duas vezes piloto durante a sessão.

Para o caso da Figura 4(c), o valor da moda é 1.0, significando que houve um número predominante de pares de usuários inexperientes na sessão. Para essa sessão, essa predominância pode ter influenciado em que o problema não fosse resolvido. Porém, para analisar essa correlação, precisa-se observar múltiplas sessões do sistema. Esta análise não está sendo incluída, devido à restrição do número de páginas.

6. CONCLUSÃO

A virtualização de encontros para prática de programação, no estilo do *Coding Dojo*, foi a proposta deste trabalho, a qual enxergamos como uma contribuição positiva para a comunidade computacional, pois tudo que incentiva e facilita o aprendizado é vantajoso em qualquer área profissional. O trabalho possui duas contribuições importantes: (1) o ambiente colaborativo para programação adotando a metodologia do *Coding Dojo*, e (2) a proposta de avaliação que visa analisar com estatística descritiva a interdependência entre a aprendizagem colaborativa e a aprendizagem individual.

O ambiente como um todo supre os dez requisitos de sistema e atende a metodologia do *Coding Dojo*. Para validação da aprendizagem colaborativa foi proposta uma abordagem baseada nas interações entre os participantes, que permite analisar a distribuição dos pares $\langle \text{piloto}, \text{copiloto} \rangle$ com diferentes níveis de experiência.

Como trabalho futuro, planeja-se conduzir um estudo de viabilidade com o objetivo de validar a abordagem proposta de avaliação baseada em interações e avaliar, do ponto de vista dos estudantes, se ao utilizar o ambiente eles gostam da atividade, se melhoram as habilidades de programação e se passam a trabalhar melhor em grupo. Testes de usabilidade do sistema e inspeção de interfaces também estão sendo previstos.

REFERÊNCIAS

- Bravo, M. & Goldman, A., 2010. Reinforcing the Learning of Agile Practices Using Coding Dojos. In: *Agile Processes in Software Engineering and Extreme Programming. Lecture Notes in Business Information Processing*. Springer Berlin Heidelberg.
- Da Luz, R., Serra Seca Neto, A. & Vida Noronha, R., 2013. *Teaching TDD, the Coding Dojo Style*. Proceedings of IEEE 13th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), pp. 371-375.
- Estácio, B. J. D. S., 2017. *Uma avaliação empírica sobre a aprendizagem colaborativa em Coding Dojo Randori no contexto de desenvolvimento de software*. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- Fonseca, F. M., Silva, E. B. d. & Mendonça, D. S., 2019. *Designing Dojo: A collaborative method for teaching design patterns*. Montreal, Quebec, Canada, 12th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering (CHASE '19).
- França, R. S. d. & Tedesco, P. C. d. A. R., 2014. *Um modelo colaborativo para a aprendizagem do pensamento computacional aliado à autorregulação*. Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, pp. 1133-1142.
- Heinonen, K., Hirvikoski, K., Luukkainen, M. & Vihavainen, A., 2013. *Learning Agile Software Engineering Practices Using Coding Dojo*. s.l., ACM, pp. 97-102.
- Hiltz, S. R. et al., 2000. Measuring the Importance of Collaborative Learning for the Effectiveness of ALN: A Multi-Measure, Multi-Method Approach. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, Volume 4, pp. 103-123.
- Jevremovic, A., Ristic, N., Veinovic, M. & al., e., 2018. WIDE: Centralized and Collaborative Approach to Teaching Web Development. *Journal of Internet Technology*, 19(4), pp. 1003-1014.
- Klasanja-Milicevic, A., Ivanovic, M., Vesin, B. & Budimac, Z., 2018. Enhancing e-learning systems with personalized recommendation based on collaborative tagging techniques. *Applied Intelligence*, Volume 48, p. 1519–1535.
- Nyikos, M. & Hashimoto, R., 1997. Constructivist theory applied to collaborative learning in teacher education: In search of ZPD. *The Modern Language Journal*, 81(4), p. 506–517.
- Oliveira, C. M. C. d. et al., 2018. *Improving Student's Learning and Cooperation Skills Using Coding Dojos (In the Wild!)*. San Jose, CA, USA, IEEE Frontiers in Education Conference (FIE).
- Pellegrino, J. W. & Hilton, M. L., 2012. *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington, DC: Committee on Defining Deeper Learning and 21st Century Skills, National Research Council. Board on Testing and Assessment and Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education, The National Academies Press.
- Prikladnicki, B. J. d. S. E. a. R., 2015. Distributed Pair Programming: A Systematic Literature Review. *Information and Software Technology*, Volume 63, pp. 1-10.
- Rocha, F. G., Sabino, R. F. & Rodriguez, G., 2018. *Using Dojo as a Pedagogical Practice to Introduce Undergraduate Students to Programming*. São Paulo, Brazil, XIII Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO).
- Sato, D., Corbucci, H. & Bravo, M., 2008. *Coding Dojo: An Environment for Learning and Sharing Agile Practices*. Conference on Agile, AGILE'08, pp. 459-464.
- Silva, V. C. M. d., Pimentel, M. & Dias, V. M. F., 2015. *Bate-papo Colaborativo ou Centrado no Professor?*. Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2015), pp. 1303-1312.
- Silveira, L. H. S. D. et al., 2012. *Aprendizagem colaborativa numa perspectiva de educação sem distância*. Anais do 18o. Congresso Internacional de Educação a Distância (CIAED).
- Zacharis, N. Z., 2010. Measuring the Effects of Virtual Pair Programming in an Introductory Programming Java Course. *IEEE Transactions on Education*, 54(1), pp. 168 - 170.
- Zacharis, N., 2009. Evaluating the Effects of Virtual Pair Programming on Students' Achievement and Satisfaction. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 4(3), pp. 34-39.
- ZHANG, L. et al., 2018. Design and Evaluation of a Collaborative Virtual Environment (CoMove) for Autism Spectrum Disorder Intervention. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 11(2).

PHISHING-PT: BASE DE DADOS EM PORTUGUÊS PARA FILTRAGEM AUTOMÁTICA DE PHISHING EM E-MAIL

Lucas Scaravelli, Kenzo Ikeizume, Rodrigo Nogueira e Johannes Lochter
*Departamento de Engenharia de Computação,
Centro Universitário Facens, Brasil*

RESUMO

O aumento da utilização da Internet tornou popular a realização de transações bancárias e comerciais de forma online, tornando o ambiente da Internet atrativo e interessante para fraudadores. Uma das principais técnicas para aplicar fraude é a técnica de *phishing*, que utiliza engenharia social para enganar o usuário com uma mensagem que parece legítima, atraindo-o para uma página falsa ao clicar em algum *hyperlink*. Ao ser direcionado para a página falsa, o usuário acaba cedendo dados sensíveis como credenciais de acesso e dados pessoais aos fraudadores. Como as técnicas de *phishing* evoluem muito rapidamente, é importante que sejam estudadas e criadas técnicas de filtragem automática que auxiliem os usuários a não serem enganados. Devido aos ataques de *phishing* utilizarem linguagem natural e normalmente serem feitos no idioma do usuário almejado como alvo, é importante que se tenha referência de outros idiomas além do inglês, língua em que normalmente as pesquisas são feitas nesse tópico. Esse artigo traz como contribuição uma nova base de dados de *phishing* em português, os resultados de filtragem automática utilizando métodos de classificação clássicos da literatura e uma discussão rica apontando que, embora todos os métodos apresentem bons resultados, o método Multinomial Naive Bayes tem a menor taxa de filtragem incorreta de mensagens fraudulentas como mensagens legítimas.

PALAVRAS-CHAVE

Filtragem de *Phishing*, Segurança da Informação, Processamento de Linguagem Natural, Inteligência Artificial

1. INTRODUÇÃO

A cada ano aumenta o número de pessoas que usufruem da Internet conforme divulgação feita pelas organizações Hootsuite e We Are Social, a qual aponta que mais de 4 bilhões de pessoas no mundo todo utilizam a Internet. Por conta do aumento do número de internautas, a produção de dados e armazenamento de informações na rede também aumentaram, conforme apontado pela consultoria da IDC (*International Data Corporation*), levando a uma expectativa de que a quantidade de informação armazenada dobrará anualmente até 2025, chegando a 175 zettabytes de dados (Patrizio, 2018).

No Brasil, as aplicações que manipulam informações pessoais (bancos, cartões de crédito ou seguradoras) são obrigadas pela lei a seguir um padrão de segurança elaboradas pelo PCI (*Security Standards Council*), um fórum global aberto que determina padrões de segurança para a proteção de dados, como por exemplo: não usar padrões disponibilizados pelo fornecedor para senhas do sistema e outros parâmetros de segurança; criptografar a transmissão de dados do titular do cartão em redes abertas e públicas; e testar regularmente os sistemas e processos de segurança.

Mesmo que as empresas e órgãos públicos garantam a integridade das informações, grupos criminosos especializados em fraudes acessam esses dados através de outras maneiras. Na maioria das vezes, o caminho mais difícil é usurpar informações por meio de *hacking*. Geralmente denominadas como cracker (um hacker mal-intencionado), essas pessoas devem possuir alto conhecimento na área de redes e programação para executar suas ações.

Por ser um meio mais acessível, um dos métodos mais empregado por grupos mal-intencionados é o *phishing*: a expressão originária do verbo pescar em inglês, tem como objetivo “pescar” dados de usuários desatentos através de e-mails, mensagens de texto e sites falsos. Os fraudadores ludibriam o usuário, fazendo-o ceder seus dados propositalmente (Chiew, 2018).

Os assuntos abordados nos casos de *phishing* geralmente tentam atingir o emocional dos usuários como, por exemplo, vagas de emprego, liberação de benefícios ou isenção de impostos. Também há uma grande quantidade de páginas falsas em que o objetivo é simular uma operação de um determinado banco, como por exemplo: recadastramento, desbloqueio de cartões ou recuperação de conta. O objetivo é fazer o cliente da instituição fornecer os dados como login, senha, CPF ou cartão de crédito de forma natural, induzindo-o acreditar que é um ambiente seguro. Um exemplo de *phishing* é dado na Figura 1, onde o usuário é induzido a acreditar que se trata de uma mensagem legítima do banco e, ao clicar em “Recadastramento” acabará fornecendo dados bancários sensíveis a terceiros mal-intencionados.



Figura 1. Exemplo de phishing para enganar usuários a fim de obter-se dados bancários

Do lado dos bancos e empresas prejudicadas, a busca é constante por meios de combater essas ações e evitar prejuízos e frustrações de seus clientes. Hoje são utilizados canais de comunicação, como centrais telefônicas e atendimento particular nas agências, para agilizar as providências após algum cliente perceber que seus dados foram expostos. Muitas vezes esses métodos são pouco eficientes devido a velocidade de ação dos fraudadores. Como alternativa, as empresas e os centros de pesquisa começaram a estudar maneiras de aplicar o reconhecimento automático de *phishing* para evitar que o usuário seja atraído para armadilha.

Esse artigo é fruto de um trabalho de conclusão de curso para titulação em Engenharia de Computação e suas principais contribuições são: (1) uma base de dados nova a respeito de *phishing* em português; (2) resultados de métodos clássicos da literatura aplicados na base de dados proposta e (3) discussão entre os métodos apontando qual método apresenta melhor taxa de acerto considerando também a menor taxa de falsos positivos, ou seja, *phishing* classificados como legítimos, que levariam o usuário a clicar em mensagens mal-intencionadas.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Segundo estudo da empresa de segurança digital McAfee, o Brasil perde mais de 10 bilhões de dólares com crimes cibernéticos. A pesquisa ainda aponta que 54% dos ataques praticados no Brasil originam do próprio território com conteúdo fraudulento redigido em português para atingir os usuários (Machado, 2018).

As técnicas de aprendizagem automática combinadas ao processamento de linguagem natural podem ser importantes ferramentas para filtrar automaticamente links maliciosos e mensagens fraudulentas entregues pelos golpes de *phishing* (Chiew, 2018; Peng, 2018).

Em processamento de linguagem natural, as mensagens de texto são representadas numericamente em uma etapa de pré-processamento e, em seguida, são processadas por um algoritmo de classificação que baseado no conteúdo da amostra, poderá indicar se o conteúdo é legítimo e confiável, ou fraudulento e malicioso (Almeida, 2011).

Em (Sahingoz, 2019), os autores avaliaram a eficácia de aplicar a filtragem automática de *phishing* na identificação de links maliciosos. Utilizando o método de florestas aleatórias e trabalhando a engenharia de atributos, os autores reportaram 97,98% de acurácia na solução do problema. Em comparação ao trabalho citado, esse artigo traz uma análise mais profunda com relação às mensagens fraudulentas incorretamente classificadas como legítimas e utiliza o corpo de mensagens de e-mail em vez de links.

Uma pesquisa mais ampla conduzida recentemente (Chiew, 2018) demonstrou que o assunto de filtragem automática de *phishing* se tornou recorrente na literatura. Enquanto há muitos tipos de *phishing* e para cada tipo um conjunto de técnicas diferentes que enfrentam o problema da filtragem automática, esse artigo foca no *phishing* disseminado por mensagens de e-mail e emprega a representação *bag-of-words* para transformar as amostras de texto em informação numérica para o processamento das amostras pelos métodos de classificação.

A representação computacional *bag-of-words* (Harris, 1954) transforma a amostra de texto em um vetor numérico do tamanho do vocabulário previamente coletado, o qual identifica de forma única cada palavra ou termo diferente no corpo de texto. Cada posição do vetor é alimentada com a frequência ou ocorrência do elemento do vocabulário daquele índice na amostra em questão. Enquanto há técnicas mais modernas de representar as amostras de texto de maneira numérica, essa técnica ainda apresenta resultados no estado-da-arte e é aplicada ao problema de *phishing* (Chiew, 2018).

A maioria dos trabalhos e pesquisas conduzidas com *phishing* são feitos no idioma inglês, inviabilizando a criação de filtros automáticos para outros idiomas. Após extensivas buscas, e no que cerne o conhecimento dos autores, não há uma base pública de mensagens de e-mail voltadas para a tarefa de filtragem automática de *phishing*, portanto também não há trabalhos relacionados com o assunto e nenhuma comparação nesse sentido será feita por conta da restrição encontrada. Esse trabalho apresenta então, uma base inédita para uso futuro e resultados de *baseline* para efeito de comparação também.

3. METODOLOGIA

As amostras que compõem o conjunto de dados proposto neste artigo foram originadas de dois principais meios: os e-mails legítimos foram adquiridos através de um formulário *online* proposto pelos autores (Figura 2) e os e-mails foram obtidos de forma colaborativa, enquanto os e-mails de *phishing* foram extraídos do catálogo *online* da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP, 2018). As mensagens legítimas foram coletadas de forma colaborativa e tratadas para evitar o vazamento de dados sensíveis, impossibilitando a identificação dos usuários cedentes da informação. A coleta foi feita em um intervalo de aproximadamente três meses, entre fevereiro de 2019 e abril de 2019, totalizando 257 e-mails legítimos e 799 e-mails fraudulentos.

A partir da base de dados coletada foram simulados três cenários que representam três diferentes situações para avaliar o desempenho dos métodos de classificação de aprendizagem automática em cada cenário:

- A. Todas as amostras coletadas, mantendo o desbalanceamento original da coleta;
- B. Mensagens selecionadas com temas em comum: transações bancárias, orçamentos, compras *online* e promoções;
- C. De acordo com um relatório da empresa Kapersky (2014), as mensagens fraudulentas representam 0,0071% de todas mensagens de e-mails trocadas no mundo. Para manter essa proporção, seria necessária uma coleta inicial de 14.084 amostras legítimas. Nesse sentido, os autores deste artigo propuseram o desbalanceamento em torno de 13% para representar o cenário mais próximo do desbalanceamento apontado no relatório.

Insira seu e-mail aqui

Assunto do e-mail *

Olá Lucas, você realizou uma compra no seu cartão de crédito

Assunto do e-mail (COMO SERÁ ENVIADO) *

olá <NOME>, você realizou uma compra no seu cartão de crédito

Corpo do e-mail *

Bom dia Lucas,

Você realizou uma compra no cartão 1111.1111.1111-43 de R\$ 37,00

Corpo do e-mail (COMO SERÁ ENVIADO) *

bom dia <NOME>,

você realizou uma compra no cartão <numero>.<numero>.<numero><numero> de r\$ <numero>.<numero>

ENVIAR

Figura 2. Formulário disponibilizado para preenchimento colaborativo com amostras de mensagens legítimas

Os cenários e as estatísticas de quantidade e proporção entre mensagens legítimas e fraudulentas (*phishing*) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Cenários de avaliação de detecção automática de *phishing*

Identificação	Amostras legítimas	Amostras de <i>phishing</i>	Proporção <i>phishing</i> para total	Total de amostras
A	257	799	75%	1056
B	95	95	50%	190
C	200	30	13%	230

Os autores procuraram variar e avaliar métodos de classificação baseados em diferentes estratégias de seleção de hipótese, como probabilísticos, regras de decisão, vizinhança e otimização. Os métodos de classificação escolhidos para apresentar os resultados preliminares na base de dados proposta foram escolhidos tomando como base trabalhos na literatura semelhantes e considerados relevantes de acordo com os canais de publicação em que foram veiculados, como periódicos e congressos com alto fator de impacto e número de citações (Sahingoz, 2018; Peng, 2018).

A partir dos métodos de classificação foi realizado uma busca em grade (*grid search*) para encontrar os melhores parâmetros mediante cada cenário, utilizando validação cruzada de 5 partições. Os melhores parâmetros encontrados por método de classificação para cada cenário avaliado são apresentados na Tabela 2.

Os resultados são apresentados e analisados a partir das métricas extraídas das matrizes de confusão da execução de cada método de classificação. As mensagens legítimas corretamente classificadas são identificadas como (VL – verdadeiro legítima), as mensagens legítimas incorretamente classificadas como *phishing* são identificadas como (FL – falso legítima), assim como as mensagens de *phishing* corretamente e incorretamente classificadas são identificadas respectivamente como VP e FP. As métricas utilizadas para avaliar os métodos de classificação nesse artigo são descritas e formuladas na Tabela 3.

Tabela 2. Melhores parâmetros por cenário e método de classificação de *phishing*

Cenário	Método de classificação	Melhores parâmetros
A	Multinomial Naive Bayes	alpha = 0,1
	Bernoulli Naive Bayes	alpha = 0,01
	N-Vizinhos Próximos	n = 3
	Regressão Logística	C = 1000; penalidade = L2
	Árvores de Decisão	divisão da amostra = 2
	SVM	C = 1; kernel = linear
B	Multinomial Naive Bayes	alpha = 0,01
	Bernoulli Naive Bayes	alpha = 0,001
	N-Vizinhos Próximos	n = 11
	Regressão Logística	C = 0,01; penalidade = L2
	Árvores de Decisão	divisão da amostra = 2
	SVM	C = 10; kernel = linear
C	Multinomial Naive Bayes	alpha = 0,01
	Bernoulli Naive Bayes	alpha = 0,1
	N-Vizinhos Próximos	n = 5
	Regressão Logística	C = 100; penalidade = L1
	Árvores de Decisão	divisão da amostra = 2
	SVM	C = 1; kernel = linear

Tabela 3. Métricas utilizadas para avaliar o desempenho dos métodos de classificação

Métrica	Legítima (L)	<i>Phishing</i> (P)
Precisão (Pr)	VL / (VL + FL)	VP / (VP + FP)
Revocação (Re)	VL / (VL + FP)	VP / (VP + FL)
Acurácia (Ac)	(VL + VP) / (VL + VP + FL + FP)	
F-Medida (Fm)	2 * [(Pr P * Re P) / (Pr P + Re P)]	

4. RESULTADOS PRELIMINARES

A execução dos métodos de classificação nos diferentes cenários considerando os melhores parâmetros encontrados respectivamente são apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5 e discutidos a seguir. Os valores em negrito por coluna indicam o maior índice encontrado para a respectiva métrica, descrita na coluna em questão.

Tabela 4. Resultados dos métodos de classificação para o cenário A

Método de classificação	F-Medida	Acurácia	Precisão (Legítimo)	Revocação (Legítimo)	Precisão (<i>Phishing</i>)	Revocação (<i>Phishing</i>)
Multinomial Naive Bayes	96,58%	88,28%	98,29%	54,24%	86,67%	99,68%
Bernoulli Naive Bayes	97,07%	89,46%	97,67%	59,43%	87,98%	99,52%
N-Vizinhos Próximos	88,40%	75,26%	66,66%	2,83%	75,35%	99,52%
Regressão Logística	96,55%	85,20%	95,78%	42,92%	83,86%	99,63%
Árvores de Decisão	89,98%	77,27%	57,93%	34,43%	80,66%	91,62%
SVM	96,24%	87,33%	98,16%	50,47%	85,73%	99,68%

Utilizando todas as amostras da base de dados proposta, os resultados apresentados na Tabela 3 têm como objetivo apresentar o *baseline* para futuras comparações de métodos e técnicas envolvendo a aplicação dessa base de dados. O método Bernoulli Naive Bayes apresentou o maior índice de F-Medida (97,07%), a qual representa a média harmônica da precisão e revocação de *phishing*. É possível perceber que os métodos Multinomial Naive Bayes, Regressão Logística e SVM tiveram resultados semelhantes, enquanto os métodos Árvore de decisão e N-Vizinhos Próximos ficaram abaixo (8% abaixo em média).

Entre os melhores métodos em termo de F-Medida também é importante as métricas de Precisão (Legítimo) e Revocação (*Phishing*) porque traçam a relação de mensagens fraudulentas classificadas como mensagens legítimas. Esse erro de classificação poderia levar o usuário a clicar em uma mensagem fraudulenta que foi filtrada como legítima, podendo levar à perda de dados sensíveis e credenciais de acesso. Nesse sentido, o

método Bernoulli Naive Bayes apresenta o maior índice de F-Medida, mas o método Multinomial Naive Bayes além de apresentar índice de F-Medida muito próximo ao método Bernoulli, também apresenta índices melhores de Precisão Legítimo (98,29%) e Revocação *Phishing* (99,68%). Baseada nessa análise, o melhor método para um cenário semelhante ao cenário A seria o método Multinomial Naive Bayes.

Tabela 5. Resultados dos métodos de classificação para o cenário B

Método de classificação	F-Medida	Acurácia	Precisão (Legítimo)	Revocação (Legítimo)	Precisão (<i>Phishing</i>)	Revocação (<i>Phishing</i>)
Multinomial Naive Bayes	89,51%	65,78%	60,55%	88,00%	44,15%	56,66%
Bernoulli Naive Bayes	88,26%	77,63%	72,04%	89,33%	66,23%	75,00%
N-Vizinhos Próximos	81,94%	59,86%	56,60%	80,00%	40,25%	50,40%
Regressão Logística	85,10%	55,26%	52,44%	100,00%	11,68%	20,93%
Árvores de Decisão	74,98%	59,86%	69,44%	33,33%	85,71%	68,39%
SVM	85,30%	63,81%	58,47%	92,00%	50,45%	50,45%

Para o cenário B, onde os dados estão balanceados na mesma quantidade de amostras por classe, os resultados apresentados na Tabela 5 mostram que o maior índice de F-Medida foi obtido utilizando o método de classificação Multinomial Naive Bayes. No entanto, considerando a análise feita para o cenário A, esse método apresenta índices menores para Precisão (Legítimos) e Revocação (*Phishing*). Isso indica que o método filtra incorretamente muitas mensagens fraudulentas e mostra para o usuário essas mensagens como legítimas.

Alternativas ao método Multinomial é o método Bernoulli, pois tem F-Medida próxima (88,26%) ao melhor resultado, mas apresenta taxas maiores de Precisão Legítimo (72,04% se comparado a 60,55% do método Multinomial) e Revocação *Phishing* (75% se comparado a 56,66% do método Multinomial). Nesse cenário, onde a proporção de mensagens legítimas e *phishing* é balanceada, é aconselhável a utilização do método Bernoulli, em vez do método Multinomial.

Tabela 6. Resultados dos métodos de classificação para o cenário C

Método de classificação	F-Medida	Acurácia	Precisão (Legítimo)	Revocação (Legítimo)	Precisão (<i>Phishing</i>)	Revocação (<i>Phishing</i>)
Multinomial Naive Bayes	69,54%	87,57%	89,26%	97,08%	66,66%	33,33%
Bernoulli Naive Bayes	63,45%	89,44%	89,47%	99,27%	88,88%	33,33%
N-Vizinhos Próximos	59,07%	85,09%	85,09%	100,00%	0,00%	0,00%
Regressão Logística	67,51%	86,95%	86,70%	100,00%	100,00%	12,50%
Árvores de Decisão	46,25%	88,81%	88,38%	100,00%	100,00%	25,00%
SVM	42,66%	87,57%	87,26%	100,00%	100,00%	16,66%

Finalmente, os resultados referentes à execução dos métodos de classificação considerando o cenário C são apresentados na Tabela 6. O cenário C é caracterizado pela proporção de *phishing* muito pequena com relação à quantidade de amostras legítimas presentes na base. Para esse cenário, o método Multinomial Naive Bayes teve o melhor índice de F-Medida (69,54%), seguido do método Regressão Logística (67,51%), enquanto os outros métodos apresentaram resultados inferiores em, no mínimo, 4 pontos percentuais. Devido ao método Multinomial ter tido a segunda melhor Precisão (Legítimos), perdendo apenas para o método Bernoulli (89,44%) e empatando no índice de Revocação (*Phishing*), o método Multinomial é o mais aconselhável para esse cenário.

Na comparação entre os cenários foi notado que o método Multinomial apresentou os melhores índices de F-Medida entre os métodos avaliados. Complementar a esse resultado, os maiores índices da métrica Revocação (*Phishing*) para os maiores índices de F-Medida também foram obtidos pelo método Multinomial, cuja métrica aponta a qualidade do método em classificar corretamente as mensagens de *phishing* sem expor usuário ao perigo confundindo mensagens de *phishing* como mensagens legítimas. Esses resultados mostram que o método Multinomial teve desempenho satisfatório para a tarefa proposta independente do balanceamento dos cenários testados, tornando-se o método aconselhável entre os métodos clássicos avaliados para filtragem automática de *phishing*.

5. CONCLUSÃO E DIREÇÕES FUTURAS

O presente trabalho propõe a utilização de técnicas de aprendizado de máquina para fazer a filtragem de mensagens de e-mail de *phishing* a fim de evitar que o usuário seja enganado por mensagens fraudulentas e perca dados sensíveis, como credenciais de acesso. Além disso, a principal contribuição é uma base de *phishing* em português, visto que a maioria das pesquisas nessa área se destinam ao idioma inglês e os ataques de *phishing* acontecem normalmente no idioma das vítimas.

Os experimentos foram conduzidos considerando três cenários com balanceamento diferente entre as classes mensagens legítimas e mensagens fraudulentas: um cenário considerando todas as mensagens da base, um cenário considerando proporção igual entre as classes e um cenário extremamente desbalanceado com poucas amostras de *phishing*. Após a análise dos resultados preliminares, foi observado que o método mais indicado é o Multinomial Naive Bayes independente do cenário, pois além de apresentar índice alto de F-Medida, apresentou os maiores valores de revocação na classe *phishing*, cuja métrica aponta a qualidade do método em não confundir mensagens de *phishing* com mensagens legítimas.

A expectativa de conclusão desse trabalho envolve novos passos de avaliação de técnicas utilizando representação distribuída vetorial, onde cada palavra passa a ser representada por um vetor com características sintáticas e semânticas capturadas a partir do processamento de um grande corpo de texto. Esse tipo de representação também favorecerá a utilização de técnicas mais atuais para processamento de linguagem natural como redes neurais recorrentes, as quais são impossibilitadas pela técnica de representação *bag-of-words* apresentada neste artigo, devido à alta dimensionalidade e esparsidade. Como última etapa, também está previsto a implementação de um filtro para a plataforma Gmail que identifica *phishing* automaticamente mediante aprovação de acesso pelo usuário responsável por uma conta de e-mail.

REFERÊNCIAS

- Almeida, T. A. et al, 2011. Redução de dimensionalidade aplicada na classificação de spams usando filtros bayesianos. *In Revista Brasileira de Computação Aplicada*, Vol. 3, No. 1, pp.16-29
- Chiew, K. L. et al, 2018. A survey of phishing attacks: Their types, vectors and technical approaches, *In Expert Systems with Applications*, Vol. 106, No. 1, pp 1-20.
- Harris, Z., 1954. Distributional Structure. *In Word*, Vol. 10, No.2, pp 146-162.
- Machado, F., 2018. Brasil perde US\$ 10 bilhões por ano com cibercrime, diz McAfee, acessado em 20 Setembro 2019, <<https://veja.abril.com.br/economia/brasil-perde-us-10-bilhoes-por-ano-com-cibercrime-diz-mcafee/>>.
- Patrizio, A., 2018. IDC: Expect 175 zettabytes of data worldwide by 2025, *Network World*, acessado em 20 Setembro 2019, <<https://www.networkworld.com/article/3325397/idc-expect-175-zettabytes-of-data-worldwide-by-2025.html>>.
- Peng, T. et al, 2018. Detecting phishing attacks using natural language processing and machine learning. *In IEEE 12th international conference on semantic computing*, pp. 300–301.
- RNP, 2018. Fraudes identificadas e divulgadas pelo CAIS, acessado em 20 Setembro 2019, <http://memoria.rnp.br/cais/fraudes.php?tag_extend=&tag=92>.
- Sahingoz, O. K et al, 2019. Machine learning based phishing detection from URLs, *In Expert Systems with Applications*, Vol. 117, No. 1, pp. 345-357.

O TEU MESTRE- PLATAFORMA DE ENSINO À DISTÂNCIA

Daniel Azevedo¹ e Paula Morais²

¹*Polytechnic Institute of Viseu, Portugal*

²*Portucalense University, Portugal*

RESUMO

Os processos de ensino e de aprendizagem estão em fase de mudança. Nas últimas três décadas, tem-se assistido à criação e crescimento de uma geração digital em que o uso e constante evolução das tecnologias de informação e dos recursos educativos digitais a elas associados têm vindo a transformar todo o processo educacional. De facto, os recursos educativos digitais (RED) têm tido um impacto positivo nas aprendizagens dos alunos em diversas disciplinas nomeadamente na matemática, fortalecendo a criatividade, o pensamento crítico e permitindo o ensino na sala de aula e fora dela. Neste contexto, o objetivo principal deste trabalho é propor um modelo de um RED que suporte e potencie a aprendizagem da Matemática, não só aos alunos do ensino regular, mas também aos que se encontram hospitalizados e/ou impedidos de estarem presentes na sala de aula. O modelo proposto foi validado através de um estudo de caso desenvolvido durante o 2º e 3º períodos do ano letivo 2014/2015, envolvendo alunos de ensino especial, em contexto hospitalar, alunos de uma turma de Matemática A do 12º ano de uma escola do Porto e professores de Matemática do ensino secundário.

PALAVRAS-CHAVE

Recursos Educativos Digitais, Plataforma Educativa, Inovação Educativa, Apoio Escolar a Alunos Hospitalizados, Ensino da Matemática

1. INTRODUÇÃO

Vivemos na era das tecnologias. Estas invadem o nosso quotidiano, desde as simples brincadeiras das crianças até aos procedimentos mais complexos da medicina. O mesmo se aplica à Educação. De facto, segundo Vieira (2005), as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) estão cada vez mais presentes em todos os domínios da atividade social e têm contribuído para mudar a escola e o seu papel na sociedade. Assim, faz sentido a crescente aposta tecnológica dos sucessivos governos nas escolas.

Já em 2002, Ponte afirmava que a introdução das TIC no ensino não é uma mera substituição dos meios tradicionais ou do professor, mas sim um agente ativo de mudança na forma como se aprende, como se ensina e na interação entre professor e aluno na sala de aula.

Esta nova forma de estar na educação é corroborada pela UNESCO (2009), que defende a educação para todos através das TIC. Esta inclusão das tecnologias na educação permite simultaneamente personalizar a aprendizagem, alargá-la a outros públicos-alvo e transpor a barreira física da sala de aula, levando a escola ao aluno.

Embora existam vários recursos disponíveis na web, há um desconhecimento generalizado, por parte da comunidade educativa, sobre a sua existência (Ramos, 2010).

No caso de alunos com necessidades educativas especiais (NEE) que se encontram impossibilitados de assistir às aulas por motivos de doença (ou outro), os recursos educativos digitais poderão ser um auxílio importante no acompanhamento do seu percurso escolar (Mourato, 2011).

É, pois, neste contexto que se insere o presente trabalho. Pretende-se, através do uso de recursos educativos digitais (RED), contribuir para o apoio aos alunos do ensino tradicional e também dar apoio escolar a alunos hospitalizados e/ou impedidos de estar presentes na sala de aula.

As dificuldades encontradas pelos alunos, quanto à aprendizagem, em particular da Matemática, segundo Silva (n.d.) são reflexos da capacitação deficitária dos professores e de inserir recursos pedagógicos desadequados e, muitas vezes, descontextualizados.

No caso particular da Matemática, continua-se a assistir a um problema recorrente de médias dos exames nacionais relativamente baixas em 2013 (8,2 valores) e em 2014 (7,7 valores).

Se considerarmos os alunos hospitalizados e/ou impedidos de estarem presentes na sala de aula, estas dificuldades são ainda mais evidenciadas. Correia (1997) considera especiais estes alunos com necessidades educativas, uma vez que exibem determinadas condições específicas e podem necessitar de apoios e serviços de educação especial durante todo ou parte do seu percurso escolar, de forma a facilitar o seu desenvolvimento académico, pessoal e socio-emocional.

Grande parte destes alunos está hospitalizada por longos períodos e depara-se com um ambiente desconhecido, com a agravante de estarem afastados do meio familiar, social e escolar.

O apoio escolar a estes alunos confronta-se com inúmeras dificuldades, das quais se salienta a burocratização, a UNESCO (2009), refere que as práticas escolares são burocráticas, criando barreiras à aprendizagem.

Neste contexto, os RED podem ser encarados como um meio para combater as dificuldades do ensino dos alunos do ensino tradicional e dos alunos que estão hospitalizados.

Estes RED, no caso dos alunos hospitalizados e/ou impedidos de assistir às aulas, permitem combater o isolamento dos alunos e ligá-los à comunidade escolar, proporcionando novas formas de aprender.

Para este estudo foi escolhida a disciplina de Matemática; esta escolha prendeu-se com a experiência dos autores no apoio aos alunos hospitalizados e também da constatação do facto de que a generalidade dos alunos não têm uma boa relação com esta disciplina, embora os resultados internacionais tenham vindo a contrariar esse sentimento.

Tendo em conta estas dificuldades, surge este projeto, com o objetivo principal de propor um modelo de um RED para potenciar a aprendizagem da Matemática de alunos do ensino tradicional e de alunos hospitalizados e/ou impedidos de estarem presentes na sala de aula.

2. METODOLOGIA

Neste estudo serão usadas abordagens qualitativas e quantitativas e um estudo de caso que foi desenvolvido com uma abordagem mista, com o objetivo de avaliar a plataforma educativa e recolher informação que permita corrigir alguns aspetos e melhorá-la no futuro.

Este estudo de caso foi dividido em 4 fases que podemos resumir em: 1. O protótipo da plataforma “O teu Mestre”; 2. Apresentação e formação da Plataforma; 3. Acompanhamento da utilização da plataforma pelos alunos; 4. Análise dos resultados dos inquéritos preenchidos pelos intervenientes. Devido à complexidade e abrangência do estudo, este artigo reflete os três primeiros pontos, sendo o quarto ponto objeto de análise em outro artigo científico.

Os participantes neste estudo foram: Uma turma do 12º ano constituída por 17 alunos do ensino público, com frequência da disciplina de Matemática A, do Agrupamento de Escolas Fontes Pereira de Melo, no Porto.

Quatro alunos sinalizados pela Associação Acreditar (Associação de Pais e Amigos de Crianças com Cancro);

Estes alunos estão grande parte do tempo hospitalizados e/ou impedidos de estarem presentes na sala de aula;

De modo a validar esta colaboração foi estabelecido um protocolo entre o autor e a Acreditar. Neste sentido, foram considerados neste estudo 4 alunos que padecem de doença oncológica e que alternaram entre regime hospital e regime ambulatório.

Foram considerados cinco professores de matemática com uma experiência superior a cinco anos que utilizaram a plataforma educativa. Quatro destes professores do distrito de Viseu utilizaram esta plataforma.

No caso da docente da turma da Escola Fontes Pereira de Melo utilizou esta plataforma como recurso educativo em sala de aula.

A recolha de dados foi feita através de diferentes métodos e técnicas que se complementam entre si, nomeadamente: o diário de bordo e um inquérito por questionário. O diário de bordo foi um dos instrumentos

do estudo de caso, uma vez que houve necessidade de registar todo o acompanhamento feito aos alunos através da plataforma educativa. Este registo iniciou-se no começo do segundo período do ano letivo 2014/2015, uma vez que os alunos sinalizados pela Acreditar e da Escola Fontes Pereira de Melo estavam aptos a utilizar a plataforma. De uma forma geral este registo permitiu observar as dificuldades dos alunos, tanto ao nível pedagógico como tecnológico.

Neste estudo optámos por 3 questionários, um direcionado aos alunos da turma do 12º ano do Agrupamento de Escolas Fontes Pereira de Melo, um segundo aos alunos sinalizados pela Acreditar, e o último aos professores que tiveram contacto com a plataforma.

O objetivo destes questionários consistiu na avaliação do protótipo da plataforma educativa a que tiveram acesso. O desenho dos 3 questionários teve como base os critérios da tabela de Learning Object Review Instrument (LORI) que analisa os itens: qualidade de conteúdo, objetivo da aprendizagem, adaptação e feedback, motivação, apresentação e *design*, usabilidade, acessibilidade, reutilização, cumprimentos de normas.

Tivemos ainda em conta na elaboração dos questionários, questões de ética como o consentimento informado, o anonimato e a confidencialidade dos dados.

3. RECURSOS EDUCATIVOS DIGITAIS

A OCDE considera que qualquer recurso digital que seja utilizado para fins de aprendizagem é um RED (OCDE, 2007). Esta, apresenta-se como uma das definições mais simplista que estabelece que todos os materiais educativos baseados nas TIC que os professores e alunos usam para ensinar e aprender podem ser considerados RED.

No âmbito do trabalho da equipa de recursos e tecnologias educativas (ERTE), é apresentada uma primeira definição de RED, (Ramos, Duarte, Carvalho, Ferreira & Maio, 2007), que considera como essencial que um RED, tenha quatro atributos:

- RED deve ter uma clara finalidade educativa, ou seja, quando é pensado, desenhado e elaborado com uma finalidade educativa;
- RED deve poder responder a necessidades do sistema educativo português (p.e., currículos da educação formal, informal e não-formal, formação profissional);
- RED deve apresentar uma identidade autónoma relativamente a outros objetos e serviços de natureza digital;
- RED deve satisfazer critérios pré-definidos de qualidade nas suas dimensões essenciais.

Em 2011, no âmbito da definição anterior os autores, Ramos, Teodoro e Ferreira, reformulam essa mesma definição e consideram:

“software e recursos educativos digitais consistem em entidades digitais produzidas especificamente para fins de suporte ao ensino e à aprendizagem.”(p.13).

Assim, este conceito é abrangente e considera como recursos educativos digitais, jogos educativos, programas informáticos de modelação ou simulação, vídeos, tutoriais que exemplificam ou propõem a prática de exercícios, ambientes de autor ou recursos viabilizados pela web, como a criação de blogues, apresentações dinâmicas, entre outros. Desde que estejam armazenados em suporte digital e que “levem em linha de conta, na sua conceção, considerações pedagógicas” (Tchounikine, citado em Ramos, Teodoro & Ferreira 2011. p.13).

No âmbito deste trabalho iremos adotar a definição de RED de Ramos, Teodoro e Ferreira (2011) que considera:

“Software e recursos educativos digitais consistem em entidades digitais produzidas especificamente para fins de suporte ao ensino e à aprendizagem”

Esta definição, como abordamos anteriormente, poderá corresponder a inúmeros recursos, Pinto (2007), embora referindo que não existe uma classificação clara dos recursos educativos digitais, considera as seguintes categorias: i) software educativo; ii) plataformas educativas; iii) portais de conteúdo; iv) tutoriais de aprendizagem; v) portefólios digitais; vi) portais de recursos.

Além disso, considera que um RED tem várias categorias com as seguintes características: são facilmente manipuláveis, rapidamente transformáveis, transportados instantaneamente e infinitamente replicados, em contraponto aos recursos impressos.

Os RED são caracterizados pela utilização do hipertexto, de conteúdos e de atividades, incluindo as que contemplam a possibilidade da interação com os alunos (Pinto, 2007). Uma plataforma educativa, segundo Carvalho (2007) é considerada como um conjunto de ferramentas que facilitam a disponibilização de recursos em vários formatos como texto, vídeo e áudio, apontadores para sites, avisos aos alunos, interação professor-alunos através de ferramentas de comunicação, ferramentas de apoio à aprendizagem colaborativa e registo das atividades realizadas pelos alunos.

3.1 RED no Apoio a Alunos Hospitalizados

Segundo Correia (1997), o conceito de necessidades educativas especiais (NEE) surge de uma evolução nos conceitos que até então se usavam, quer de cariz social, quer de educacional. “O termo NEE vem, assim, responder ao princípio da progressiva democratização das sociedades, refletindo o postulado na filosofia da integração e proporcionando uma igualdade de direitos, nomeadamente o que diz respeito à não discriminação por razões de raça, religião, opinião, características intelectuais e físicas, a toda a criança e adolescente em idade escolar” (Correia, 1997, p. 373). Segundo o mesmo autor, o conceito aplica-se a crianças e adolescentes com problemas sensoriais, físicos, intelectuais e emocionais e, também, com dificuldades de aprendizagem derivadas de fatores orgânicos ou ambientais. Neste sentido, os alunos hospitalizados são caracterizados como alunos com NEE.

Estes alunos em internamento hospitalar, por si só, encontram-se numa situação complicada, porque, à partida, vêm-se privados do seu meio natural de crescimento. O apoio e a interação são, por isso, fundamentais para o doente.

Scremin & Schumacher (2019) consideram que deverá ser estabelecida uma cooperação entre as equipas médicas, psicólogos e assistentes sociais e os professores, de modo a suprir as dificuldades, e a criar condições de melhoria na aprendizagem e saúde do aluno.

As atividades desenvolvidas nas instituições hospitalares têm como função, não só o apoio escolar, mas também a vertente lúdica, proporcionando aos alunos momentos de bem-estar e segurança, ocupando os seus tempos livres com atividades que lhes são benéficas, reforçando assim as suas competências e capacidades.

Este apoio educativo foi consagrado em 1988, altura da criação da “Carta da Criança Hospitalizada”. Este documento foi redigido por várias associações internacionais, cabendo ao Instituto de Apoio à Criança representar Portugal.

As tecnologias têm tido um papel fundamental de apoio aos alunos hospitalizados e têm por objetivo compensar uma limitação funcional e facilitar um modo de vida independente, sendo por isso elementos facilitadores do desempenho de atividades e da participação dos alunos (Decreto-lei nº3 /2008). Hylén (2007) considera que uma das vantagens dos RED é a possibilidade de permitir a individualização dos processos de ensino e aprendizagem. Esta vantagem, no caso particular dos alunos impossibilitados de aceder ao ensino tradicional é uma mais valia e, muitas vezes, a única forma de contacto.

Com a crescente evolução das tecnologias torna-se fundamental a criação de recursos educativos digitais com intuito de responder às necessidades dos alunos que se encontram num ambiente hospitalar. Estes recursos podem permitir diferentes tipos de navegação, fazendo depender a sua utilização de prévia preparação do professor, de forma contextualizada e mediando uma aprendizagem autónoma, de acordo com o ritmo e estilo de aprendizagem do aluno (Falkembach, 2005).

Estes recursos, para Sparrowhawk & Heald (2007), no caso dos alunos hospitalizados e/ou impedidos de assistir às aulas, podem auxiliar o processo de ensino e de aprendizagem, aumentando a motivação e proporcionando um leque de oportunidades diferenciado, principalmente para os alunos cujos padrões de aprendizagem não seguem os quadros típicos de desenvolvimento. Verifica-se que quando comparada com a educação tradicional, a educação complementada com a tecnologia é mais eficaz e eficiente, principalmente devido à acrescida motivação incrementada pela interação disponibilizada (Ribeiro, 2002).

A escolha de um RED adequado para um aluno com NEE não é fácil, mas a verificação destas características é essencial para a adequação do ensino às suas limitações.

A BECTA (2008), British Educational Communications and Technology, um organismo não-governamental público britânico, ligado à investigação sobre a utilização das tecnologias nos diferentes níveis de ensino e educação do Reino Unido, onde se inclui a utilização em alunos com necessidades educativas especiais, considera que os RED deverão responder aos seguintes requisitos:

- Favorecer a inclusão e o acesso ao conhecimento;
- Favorecer o envolvimento dos estudantes na aprendizagem, motivando-os, estimulando-os e desafiando-os na construção de novos conhecimentos;
- Favorecer a inovação e novas abordagens pedagógicas;
- Facilitar o uso pelos estudantes e professores;
- Favorecer a convergência curricular e de desempenhos;
- Orientar e apoiar o progresso nas aprendizagens;
- Favorecer a avaliação;
- Favorecer e potenciar uma aprendizagem efetiva e eficaz.

Segundo este estudo deverá ainda haver uma preocupação com um *design* amigável de interação com o aluno de modo a responder facilmente às suas dificuldades.

3.2 Avaliação de RED

O aumento da quantidade de materiais pedagógicos em suporte informático leva a que seja necessário refletir acerca da qualidade técnica e pedagógica desses materiais, assim como acerca das suas condições de uso, segundo Lévy (2000) a diversidade e multiplicidade da informação disponível não é garantia de qualquer qualidade.

Hoje em dia os professores têm à sua disposição inúmeros recursos educativos digitais para auxiliar o ensino/aprendizagem dos alunos. Mas a proliferação desses conteúdos não tem por base uma estratégia global; segundo Ramos (2010), a criação e a utilização de recursos deverá ser estabelecida por políticas educativas que permitam levar em consideração não apenas a sua criação, a sua distribuição e a sua avaliação, mas também as condições de uso e de integração no trabalho educativo dos professores e dos estudantes, assim como na formação dos professores e no provimento de equipamentos e de tecnologias apropriadas nas escolas. No ano de 2004, em Portugal, o Ministério da Educação criou uma equipa de especialistas e professores com o objetivo de desenvolver um sistema de recolha, disseminação, avaliação e certificação de produtos educativos em suporte digital (Costa, Peralta & Viseu, 2007) que se designou por projeto SACAUSEF (Sistema de Avaliação, Certificação e Apoio à Utilização de Software para a Educação e a Formação).

4. PROJETO DA PLATAFORMA – O TEU MESTRE

Tendo em conta o apoio desenvolvido desde 2009 aos alunos indicados pelo Instituto Português de Oncologia do Porto (IPO), desde cedo houve uma necessidade de criar uma solução de modo a centralizar os conteúdos e facilitar a aprendizagem dos alunos que se encontravam hospitalizados ou que estavam em casa, mas que não frequentavam a escola. Esta preocupação foi referida pela equipa pedagógica do IPO do Porto desde a primeira hora, o que permitiu que o projeto tivesse uma evolução, culminado com a apresentação deste estudo.

Assim, a conceção de um modelo de um RED, em particular, uma plataforma educativa que designámos por “O teu Mestre”, pretende apoiar a aprendizagem dos alunos que estejam hospitalizados e ou impedidos de aceder à sala de aula. Além destes alunos foi alargada a abrangência da plataforma a alunos do ensino oficial para uma melhor avaliação e melhoria da mesma.

Numa primeira fase de análise de plataformas já existentes, considerámos que estas apresentam inúmeras soluções e funcionalidades, mas sem responder às necessidades dos alunos. Ao criar uma nova plataforma de raiz podemos ajustar e melhorar a plataforma para ir ao encontro de um melhor apoio escolar aos alunos, e em particular aos alunos hospitalizados.

Na fase seguinte, passámos à fase da conceptualização do modelo da plataforma “O teu Mestre”. Este modelo surgiu tendo em conta a vivência prática, num processo de investigação desde 2009, de testes e de análise das necessidades dos alunos.

Surge assim a conceção de modelo de uma plataforma educativa que teve na origem duas ideias chave:

- Simplicidade;
- O que o aluno precisa?.

O modelo da plataforma educativa “O teu Mestre” compreende “Atividades” e o serviço “Tens uma Dúvida?”. Para efetuar o estudo de caso foi implementado um protótipo do modelo que seguidamente se descreve.

O protótipo inclui um *backoffice* que gere toda a parte de inserção e organização de conteúdos. A organização desta área foi feita com o objetivo de ser intuitiva e de fácil navegação privilegiando-se os menus em imagem em detrimento de palavras (figura 1).

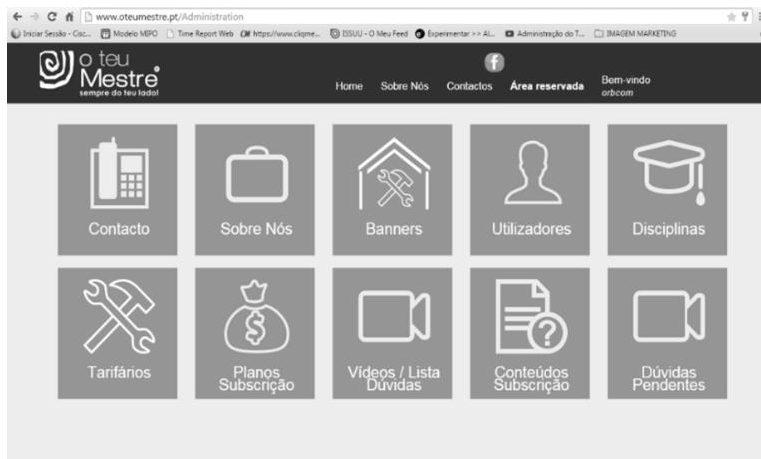


Figura 1. Backoffice da plataforma "O Teu Mestre"

Estes menus permitem aos administradores e professores facilmente inserir exercícios e vídeos numa organização em árvore.

Na vertente do aluno como utilizador da plataforma e, após o registo e autenticação, este acede à “A minha área”. Este local permite visualizar e alterar os seus dados pessoais e aceder à informação das “Atividades” e ao serviço “Tens uma dúvida?”.

Após ter efetuado a autenticação, o aluno tem acesso às atividades e serviços da Disciplina de Matemática 12º Ano.

A disciplina de Matemática 12º Ano permite ao aluno ter um resumo do essencial que é abordado no ano letivo da disciplina de matemática de 12º ano, tendo a possibilidade de verificar a sua aprendizagem através exercícios interativos. Além disso, permite ao aluno aprender passo a passo, seguindo o trajeto delineado pela equipa pedagógica que considerou como abordagem inicial os conceitos teóricos, seguidos de exercícios em formato *quizzes* que permitem ao aluno verificar os seus conhecimentos.

Refira-se que na criação destes conteúdos foi necessária uma análise de manuais escolares do 12º ano da disciplina de matemática e de outros recursos que apoiam essa disciplina de modo a resumir esses conteúdos. Todos os conteúdos da disciplina de Matemática A, apresentados na plataforma, foram criados pelos autores.

A organização da disciplina de Matemática 12º Ano é dividida em: Probabilidades, Funções, Trigonometria e Complexos, Dicas, Mobile, Testes Intermédios e Exames.

Nos itens Probabilidades, Funções, Trigonometria e Complexos são apresentados os conteúdos de apoio aos conceitos teóricos. Estes conceitos teóricos são abordados através de resumos em formato *PDF*.

Os *quizzes* inseridos neste item permitem ao aluno verificar a aprendizagem dos conceitos teóricos. Foi ainda incluída a funcionalidade de apresentar a resposta certa caso o aluno falhe a questão.

Os resumos que apresentamos nestes temas foram criados devido aos alunos sinalizados pela Acreditar terem acesso a um enorme número de fichas, testes e outros recursos enviados pelas escolas e professores o que prejudicava a sua aprendizagem. Neste sentido, criámos um resumo e um formulário em formato papel que fizesse uma síntese desses conteúdos, que disponibilizámos a todos os alunos da Associação Acreditar e da Escola Fontes Pereira de Melo.

Em cada tema, probabilidades, funções, trigonometria e complexos, são também apresentados os “erros comuns”, como podemos visualizar na figura 2, que consistem numa análise e recolha dos autores desde 2009.



Figura 2. Ambiente de trabalho “Erros Comuns”

Nestes *quizzes*, foi-se acrescentado a possibilidade de o aluno visualizar a resolução da questão em formato de vídeo. Este vídeo consiste na resolução por parte de um professor.

No item dicas é pretendido que o aluno seja alertado para algumas informações que não são disponibilizadas pelos livros, como cuidados a ter na resolução de exercícios.

Neste item foram disponibilizados vídeos sobre alguns aspetos, como por exemplo: Explicação do formulário do exame nacional e como aplicá-lo; Cuidados a responder a escolhas múltiplas; Alertas sobre “pistas” nos exames como por exemplo textos a negrito; Dicas gerais para resolver exercícios.

No item mobile é pretendido que o aluno possa descarregar para o smartphone ou tablet conteúdos de resumo teórico, aos quais poderá aceder quando estiver a resolver um exercício e sempre que precisar. Estes conteúdos foram divididos em formulário e essencial teórico e podem ser utilizados sem ligação à internet.

O serviço “Tens uma dúvida?” apresenta-se como um serviço que permite dar uma resposta às dúvidas dos alunos, em particular dos alunos hospitalizados. É possível esclarecer dúvidas de um exercício de um livro, exame, ficha fornecida pelo professor, ou qualquer dúvida que o aluno possa ter.

Neste sentido foi necessário estruturar um serviço que fosse de fácil utilização pelo aluno. A estrutura que foi idealizada está esquematizada na figura 3.

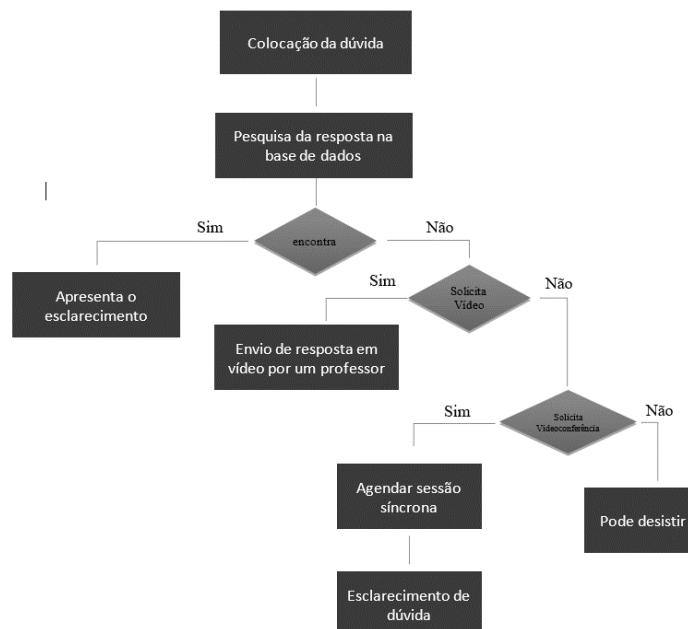


Figura 3. "Serviço Tens uma dúvida?"

Este serviço passa por criar uma base de dados de exercícios resolvidos em vídeo por um professor e que estejam disponíveis para pesquisa por parte dos alunos.

O aluno ao fazer a pesquisa poderá visualizar a dúvida ou caso não a encontre, poderá solicitá-la através do preenchimento de um formulário (figura 4).

Figura 4. Formulário -"Tens uma dúvida?"

Neste serviço também é disponibilizada uma página “as minhas dúvidas” que permite ao aluno visualizar, sempre que queira, a resolução das dúvidas que solicitou.

A mais-valia deste serviço prende-se com a possibilidade de um aumento de dúvidas disponíveis para os alunos, uma vez que todas as dúvidas esclarecidas em vídeo poderão ser catalogadas e disponibilizadas para pesquisa por outros alunos.

5. CONCLUSÃO

Vivemos numa fase de mudança de mentalidades e conseqüente mudança nos processos de aprendizagem. Desta forma, é necessário criar novas metodologias e práticas alternativas para aprender, ensinar e, mais importante ainda, para aprender a aprender.

Pela análise da fundamentação teórica efetuada e pelos resultados alcançados, podemos afirmar que atingimos o objetivo orientador desta investigação, ou seja, a criação de um modelo de um RED, a plataforma educativa “O teu Mestre”, que potencia a aprendizagem da Matemática de alunos do ensino tradicional e de alunos hospitalizados e/ou impedidos de estarem presentes na sala de aula. De facto, concluímos que este modelo de plataforma educativa contribui para o sucesso na disciplina de matemática, ao funcionar como um importante complemento e agente motivador do processo de ensino-aprendizagem, dentro e fora da sala de aula. No caso particular dos alunos hospitalizados, é notório que o modelo de RED aqui apresentado permite apoiar estes alunos sem a necessidade de recursos humanos com dedicação exclusiva a estes alunos. Permite ainda organizar os conteúdos em contraponto com a falta de autonomia da escola que contribui involuntariamente para um ensino desorganizado e não adequado às necessidades e realidade atual do aluno.

AGRADECIMENTO

Esta investigação foi apoiada pela Associação Acreditar (Associação de Pais e Amigos de Crianças com Cancro) e pelo Agrupamento de Escolas Fontes Pereira de Melo do Porto.

REFERÊNCIAS

- BECTA. (2008). *Analysis of emerging trends affecting the use of technology in education*. www.becta.org.uk
- Carvalho, A. (2007). *Rentabilizar a Internet no Ensino Básico e Secundário: dos Recursos e Ferramentas Online aos LMS*. Sísifo. Revista de Ciências da Educação,3, 25–39.
- Correia, L. M. (1997). *Alunos com Necessidades Educativas Especiais na Classe Regular*. Porto Editora.
- Costa, F A; Peralta, H., & Viseu, S. (orgs). (2007). *As TIC na Educação em Portugal. Concepções e Práticas* (p. 368). Porto: Porto Editora.
- Falkembach. M. (2005). *Concepção e Desenvolvimento de Material Educativo Digital*. Renote - Revista Novas Tecnologias na Educação, maio 2005.
- Hylén, J. (2007). What are digital learning resources?. Recuperado de http://itforpedagooger.skolverket.se/in_english/digital_learning_resources/what/
- Lévy, P. (2000). *Cibercultura*. Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34.
- Mourato, D. (2011). *As Tecnologias Solidárias: do Investimento ao desenvolvimento pessoal*. Tese de Doutoramento em Educação. Universidade de Lisboa, Instituto de Educação.
- OCDE, Centre for Educational Research and Innovation, (2007). *Giving Knowledge for Free – The Emergence of Open Educational Resources*, OECD Publishing: Pembroke, MA.
- Pinto, M. (2007). *Evaluación de la cálibra de recursos electrónicos educativos para el aprendizaje significativo*. Sacaufef 2, 25–43. http://www.crie.min-edu.pt/files/@crie/1225103966_03_CADERNOII_p25_43_MPpdf.pdf
- Ponte, J. P. (2002). *As TIC no início da escolaridade: Perspectivas para a formação inicial de professores*. Article [http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4202/1/02-Ponte%20\(TIC-INAFOF\).pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4202/1/02-Ponte%20(TIC-INAFOF).pdf)
- Ramos, J. L. (coord.), Teodoro, V. D., Fernandes, J. P. S., Ferreira, M. F., & Chagas, I. (2010). *Portal das Escolas: Recursos Educativos Digitais para Portugal*. Estudo Estratégico. Lisboa: GEPE. <http://www.gepe.min-edu.pt/np4/364.html>
- Ramos, J. L., Teodoro, V. D., & Ferreira, M. F. (2011). *Recursos Educativos Digitais: Que Futuro?*. DGIDC.
- Ramos, J.L., Duarte,V.D., Carvalho, J.M., Ferreira, F.M. e Maio,V.M. (2007). *Modelos e práticas de avaliação de recursos educativos digitais*. Cadernos SACAUSEF nº. II, pp.79-87.
- República, D. da. (2008). Decreto-lei nº3 /2008, de 7 de janeiro. Lisboa, Portugal: Governo de Portugal.
- Ribeiro, L. (2002). O boom da nova economia ou o esvaziar da bolha?. Em M. Carrilho (orgs.), *Novos Média, Novas Políticas? – Debater a Sociedade da Informação*,14-24. Oeiras: Celta.
- Scremin, A., Schumacher, J. (2019). *Ser Aluno e Paciente: Um Novo Olhar Sobre o Acesso Pedagógico Hospitalar*. RELACult – Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade.
- Silva, J., (nd). *Refletindo sobre as dificuldades da aprendizagem na Matemática. Algumas considerações*. Recuperado de <https://www.ucb.br/sites/100/103/TCC/22005/JoseAugustoFlorentinodaSilva.pdf>
- Sparrowhawk, A., Heald, (2007). *How to use ICT to support children with Special Education Needs*. Cambridge: LDA
- Tchounikine, P. (2011). *Computer Science and Educational Software Design*. A Resource for Multidisciplinary Work in Technology Enhanced Learning. Springer
- UNESCO. (2009). *Guide to Measuring Information and Communication Technologies (ICT) in Education*. Montreal, Canada: UNESCO Institute for Statistics.
- Vieira, M. A. (2005). *Educação e sociedade da informação: uma perspectiva crítica sobre as TIC num contexto escolar*. Doutoramento em Educação pela Universidade do Minho. Instituto de Educação e Psicologia.

FORMAÇÃO CONTÍNUA NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO: A METODOLOGIA BIM

Alcínia Zita Sampaio

*Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos
Av. Rovisco Pais 1049-001 Lisboa, Portugal*

RESUMO

A demonstração dos benefícios inerentes ao recurso à metodologia *Building Information Modelling* (BIM) na indústria da Construção, registada no desenvolvimento de diversas actividades assentes no projecto, motiva o grande interesse, que se tem recentemente verificado por projectistas e gestores, em conhecer o seu conceito e a abrangência da sua aplicabilidade. A metodologia assenta nos avanços tecnológicos alcançados e no nível de interoperabilidade estabelecida entre ferramentas de base BIM, apoiando o desenvolvimento de projectos colaborativos e centralizados. A escola tem acompanhado este interesse, introduzindo alterações curriculares, essencialmente ao nível do último grau de estudos, mas também na organização de cursos de curta duração, oferecidos aos profissionais da indústria. Assim a acção de formação contínua oferecida pela escola tem incluído, recentemente, cursos sobre a temática BIM abrangendo diversos aspectos, desde o conceito de modelação paramétrica até à análise da capacidade de interoperabilidade. O texto apresenta a organização de cursos profissionais no âmbito BIM. Os cursos pretendem contribuir para a divulgação das potencialidades da implementação da metodologia BIM em sectores como infra-estruturas, planeamento da construção, análise de conflitos ou dimensionamento estrutural e são dirigidos aos diversos sectores da indústria da Construção. O grau de satisfação manifestado pelos participantes é analisado e confrontado com as suas expectativas e interesse nos cursos.

PALAVRAS-CHAVE

BIM, Formação, Actualização Profissional, Curso Profissional, BIM na Indústria

1. INTRODUÇÃO

A metodologia *Building Information Modelling* (BIM) é actualmente a principal plataforma de trabalho na indústria da Construção, e todos os sectores têm vindo a potenciar a sua aplicabilidade. O conceito BIM assenta na geração de um modelo digital centralizado de toda a informação relacionada com a construção (Eastman, 2011). O modelo geométrico, inicialmente bastante atractivo e identificador do conceito básico do BIM, evoluiu para a sua real capacidade, apoiando a realização de todas as tarefas envolvidas na concepção, construção e gestão de um edifício ou infra-estrutura (Eadie, 2013). Actualmente, o BIM está implementado na Construção, nomeadamente entre arquitectos, engenheiros, coordenadores e gestores, contribuindo positivamente para a integração das diferentes especialidades e apoiando a tomada de decisão, em período prévio à construção, e de um modo sustentado, por consulta da informação acedida a partir do modelo (Chen & Luo, 2014).

O modelo é criado, acrescentado e actualizado durante toda a vida útil do edifício, e a informação que armazena pode ser consultada e utilizada na elaboração das distintas tarefas que são usualmente definidas sobre a documentação gráfica e escrita do projecto (Sampaio, 2018). O BIM pode ser definido como uma representação digital do edifício ou infra-estrutura, contendo toda a informação necessária à sua construção e gestão, fortemente apoiada na modelação paramétrica e na padronização, como base de transferência de dados entre especialidades: O projecto de estruturas, elaborado no âmbito da metodologia BIM, depende da capacidade de interoperabilidade entre as ferramentas BIM e os sistemas de análise estrutural; a informação do modelo 3D de arquitectura, estruturas ou geotecnia, pode ser manipulada de forma a permitir a criação de modelos 4D (com a adição do parâmetro tempo no planeamento da construção) ou de modelos 5D (incluindo a extracção de quantidades de material e a estimativa de custos). A aplicação do conceito BIM requer a utilização de ferramentas com capacidades avançadas de modelação geométrica e de um elevado nível de

interoperabilidade requerido no apoio ao desenvolvimento das múltiplas tarefas assentes no projecto. As potencialidades actuais da aplicação da metodologia BIM abrangem assim todos os sectores da indústria da Construção (Sampaio, 2017).

A implementação do BIM é apoiada a um nível governamental e num âmbito internacional, incentivando os profissionais de construção a adoptarem a metodologia, o que conduz naturalmente à procura de acções de formação que lhes possam acrescentar conhecimento no contexto BIM, requerido na sua actividade (Sampaio, 2019). Nesse sentido as escolas técnicas têm vindo a adaptar os seus programas curriculares de forma a incluir a temática BIM. Têm igualmente organizado cursos de formação profissional, onde são ministrados os conceitos e apresentando um leque alargado da aplicabilidade inerente ao desenvolvimento de projectos em ambiente BIM, de acordo com a exigência manifestada pela indústria. A indústria e a escola devem ser parceiros na procura da melhor estratégia para o estabelecimento de modos eficazes de ensino úteis à comunidade. O presente texto aborda a organização e os conteúdos e, ainda, a avaliação, por parte dos participantes, de um dos últimos cursos de formação contínua, sobre o BIM, apresentado na Universidade de Lisboa.

2. CURSOS DE FORMAÇÃO CONTÍNUA

A Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura (FUNDEC) resultou da corporação entre o Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos (DECivil) do Instituto Superior Técnico (IST) e empresas nacionais na área da Engenharia Civil. Esta iniciativa foi pioneira na parceria Universidade/Empresas no sector económico da Construção (FUNDEC, 2019). Os cursos de especialização pretendem abranger todas as áreas de especialização do domínio alargado da Engenharia Civil e destinam-se a suprir, actualizar e requalificar a formação das pessoas através da inovação de matérias e conteúdos de modo a assegurar uma real valorização profissional.

Estes cursos são leccionados nas instalações da FUNDEC localizadas no DECivil do IST. No âmbito BIM, os cursos oferecidos pela FUNDEC apresentam diversas utilizações do modelo BIM no apoio: ao planeamento e à gestão da construção de edifícios e infra-estruturas; à quantificação de material do projecto; ao dimensionamento estrutural; à organização da obra geotécnica. Com base na apresentação de estudos e situações reais são identificados os principais benefícios e limitações na geração e utilização do modelo BIM. Os cursos, organizados com uma duração de dia laboral, são dirigidos aos diversos níveis e sectores da indústria. Os cursos têm sido ministrados desde 2011 com uma periodicidade trianual. A afluência aos cursos tem vindo a aumentar recentemente, denotando um maior interesse na actualização profissional com o BIM. A procura é diversificada abrangendo arquitectos, engenheiros civis e mecânicos, desenhadores e gestores. Mais recentemente têm-se verificado que os participantes ocupam, nas suas empresas, funções de chefia, revelando um maior consciencialização de que esta temática deve ser implementada nas empresas que dirigem, avaliando assim qual o impacto que a implementação da metodologia terá na sua actividade.

O curso mais recente, ministrado em Junho de 2019, “A metodologia BIM na indústria da Construção”, apresenta um programa com uma componente prática e outra mais teórica (Curso FUNDEC, 2019). Previamente ao estabelecimento concreto do programa, as empresas interessadas manifestaram vantagem na aprendizagem prática do uso de ferramenta de base BIM. O curso inclui assim uma introdução à metodologia, a manipulação de uma ferramenta de BIM tendo como base o conceito da modelação paramétrica, seguindo-se um leque diversificado demonstrativo da aplicabilidade do BIM:

- *Building Information Modelling (BIM)*: Definição, estado-de-arte, aplicação, benefícios e limitações; modelação paramétrica e capacidade de interoperabilidade; conceito de multiutilização da informação do modelo BIM.
- *Prática de utilização de ferramenta de base BIM*: Definições iniciais, níveis dos pisos e grelha de alinhamentos; geração de modelo paramétrico 3D/BIM; representação 2D e 3D e obtenção de tabelas de quantidades.
- *A metodologia BIM no projecto de estruturas*: Modelação e análise de interoperabilidade.
- *O modelo 4D/BIM como suporte ao planeamento da construção*: Sistemas BIM de modelação e de visualização; monitorização do processo construtivo.
- *Aplicação da metodologia BIM em infra-estruturas*: Ilustração de casos reais de barragens e rodovias.

- *Geração, actualização e aplicação de objectos paramétricos*: Selecção de parâmetros específicos e estudo de soluções alternativas.
- *Detecção de conflitos no projecto de serviços*: Sobreposição de especialidades.

2.1 Componente Prática

De forma a introduzir, no âmbito do curso, a aprendizagem na utilização de ferramentas de base BIM, é criada a componente de arquitectura do modelo BIM, relativa a uma vivenda unifamiliar. A Figura 1 ilustra os desenhos utilizados como base à modelação. O primeiro passo, no processo da geração do modelo BIM, é seleccionar, na interface inicial do sistema BIM, disponibilizado para todos os participantes, o menu Arquitectura. É criado um novo projecto e são estabelecidas as configurações de base pretendidas, como as unidades de trabalho, o número de níveis de elevação do edifício (designação e cota) e os alinhamentos de suporte à modelação de elementos verticais.

A modelação BIM é baseada na utilização de objectos paramétricos com características geométricas e propriedades físicas associadas. Cada objecto é referido a uma tipologia (parede ou laje com espessuras e materiais específicos) e é garantido o estabelecimento de relações de interligação entre elementos. O modelo BIM de arquitectura é iniciado pela inserção de paredes, seguindo-se a colocação de janelas, portas, pavimentos, cobertura e, ainda, outros elementos arquitectónicos (Figura 1).

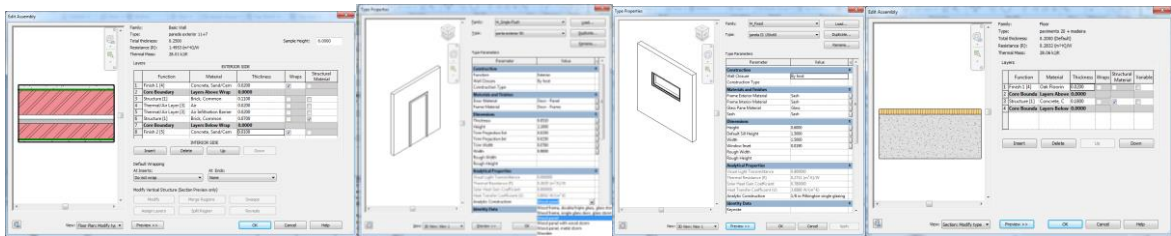


Figura 1. Objectos paramétricos de paredes, janelas, portas e pavimentos

No processo de modelação, a vista de trabalho a considerar deve ser uma planta de piso. As restrições à sua altura são indicadas através da selecção do nível inferior e superior dos pisos criados e o alinhamento segue a grelha pré-definida. Embora o processo de modelação de paredes, seja mais facilmente executado sobre a vista em planta, o procedimento corresponde à criação de um modelo tridimensional (3D). Assim, é possível obter uma projecção do modelo 3D criado, através das capacidades de visualização disponibilizadas no sistema. Posteriormente, são seleccionados na biblioteca de objectos do sistema, os elementos de pavimento, grade e cobertura (Figura 2).

De forma a introduzir o conceito de extracção de informação do modelo para a obtenção e o suporte ao desenvolvimento de várias actividades capazes de serem elaboradas sobre o modelo criado, é ilustrada a obtenção automática de desenhos, cortes em perspectiva e tabelas de quantidades (Figura 3).



Figura 2. Geração e visualização do modelo BIM criado

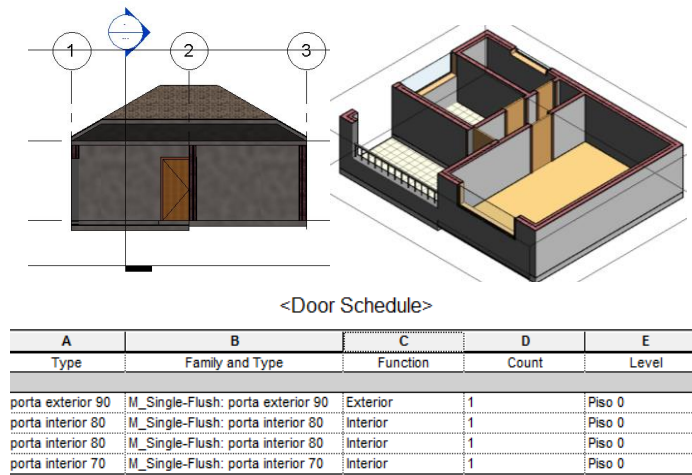


Figura 3. Representação de cortes aplicados sobre vistas e perspectiva e definição de tabela de quantidades

2.2 Aplicabilidade do BIM

Introduzidos os conceitos básicos relativos ao uso de uma ferramenta de modelação BIM e a essência da definição e utilização de objectos paramétricos, são apresentados alguns aspectos mais avançados de aplicação da metodologia BIM: projecto de estruturas, planeamento da construção, infra-estruturas, objectos paramétricos específicos e detecção de conflitos:

- No âmbito do desenvolvimento de um **projecto de estruturas**, em ambiente BIM, é apresentado um caso real incluindo: o estabelecimento de uma solução estrutural, em betão armado, definida sobre a arquitectura; o procedimento relativo ao dimensionamento estrutural; a pormenorização de armaduras. O processo requer a utilização de ferramenta de modelação (arquitectura e estruturas), a transferência de modelos entre os *softwares* de modelação e de cálculo e, finalmente, a transferência da pormenorização de armaduras, para o modelo BIM inicial, actualizando-o com a informação da especialidade de estruturas (Figura 4). A capacidade de interoperabilidade verificada entre os sistemas de base BIM utilizados no processo é analisada, de forma a identificar os principais benefícios e limitações (Sampaio & Oliveira, 2019).

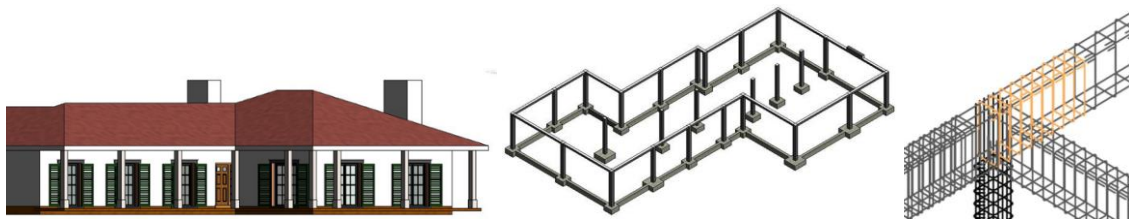


Figura 4. Geração das componentes de arquitectura e de estruturas e pormenorização de armaduras

- O BIM apoia o **planeamento da construção** através da elaboração do modelo 4D (3D + tempo). O caso concreto apresentado ilustra o procedimento de modelação das componentes de arquitectura e de estruturas de um edifício, o planeamento de tarefas estabelecido para sua construção (mapa de *Gantt*) e a transposição dos modelos e do planeamento para um visualizador BIM. Neste sistema é elaborado o respectivo modelo 4D da construção, de forma a poder simular a actividade construtiva e apoiar a monitorização da obra (Figura 5). É identificado o procedimento mais adequado no agrupamento de componentes de construção e a sua associação à respectiva tarefa, incluída no mapa de *Gantt*. É ainda ensinado como o modelo 4D pode ser actualizado, em função das alterações à sequência construtiva, as quais ocorrerem frequentemente numa obra real (Sampaio & Mota, 2016).

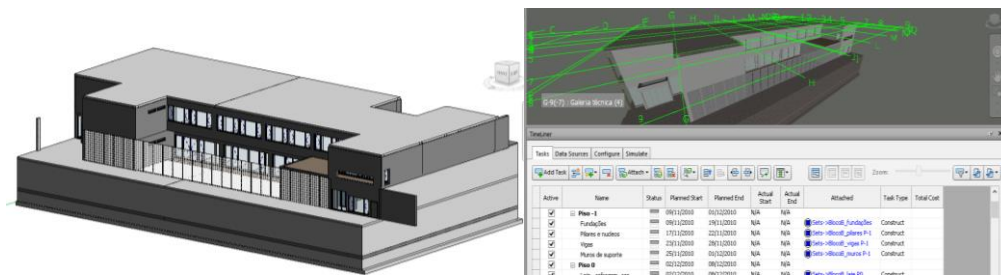


Figura 5. Elaboração e utilização do modelo 4D/BIM

- Embora a metodologia BIM esteja mais implementada na construção de edifícios, começa a ser reconhecida a sua aplicabilidade em **infra-estruturas**, onde se verificam benefícios importantes mas também muitas limitações, baseadas essencialmente na não existência de objectos paramétricos específicos de rodovias, ferroviárias ou componentes de barragem, nas bibliotecas de objectos, disponibilizados nos sistemas de modelação BIM de uso mais frequente. Assim, este ponto é ilustrado com situações concretas em que são definidas estratégias de adaptação de modelos geométricos, na concepção de modelos com alguma componente BIM (Figura 6). As limitações são identificadas e é referido o sentido da presente investigação, por parte das casas de *software*, numa perspectiva de contribuírem para a implementação do BIM com êxito, também, neste sector (Serra, 2019).

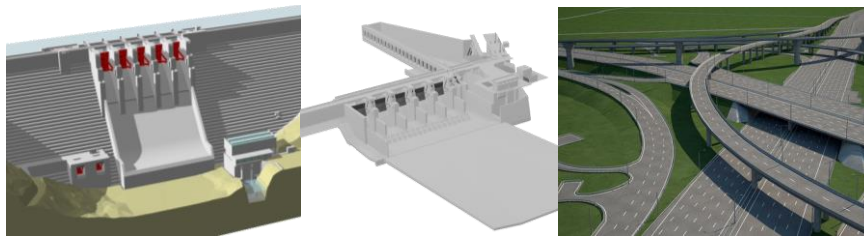


Figura 6. Implementação do BIM em infra-estruturas

- No sentido de se poderem analisar soluções alternativas num projecto de arquitectura, é necessária a geração de uma **biblioteca de objectos paramétricos** com as características das componentes construtivas que se pretendam estudar. Assim em relação a paredes exteriores, foi inicialmente identificado um conjunto de tipos frequentemente aplicados na construção tradicional, foram gerados os respectivos objectos paramétricos e introduzidos os parâmetros complementares necessários. Construído um modelo arquitectónico de base, foram de seguida alteradas as paredes exteriores, de forma a estabelecer soluções alternativas, e efectuado distinto tipo de análise de sustentabilidade (Figura 7). O aspecto visual é o mais evidente, mas o conforto acústico e térmico ou os custos de construção e de manutenção, podem igualmente ser analisados e comparados entre as soluções. Para tal, são utilizados os valores associados aos parâmetros específicos adicionados. O caso concreto apresentado ilustra como criar, utilizar e actualizar os objectos paramétricos em função dos objectivos pretendidos com a elaboração do projecto em ambiente BIM (Araújo, 2016).
- Finalmente, o aspecto de sobreposição de especialidades (arquitectura, estruturas e sistemas) tem vindo a ser demonstrado, recentemente, que pode ser fortemente apoiado pelo recurso às capacidades de **deteção de conflitos**, proporcionadas pelas ferramentas de base BIM. Através de situações concretas de modelação e de sobreposição de especialidades, são identificadas as intersecções verificadas entre elementos de diferentes disciplinas, as quais são facilmente corrigidas na ferramenta de modelação. Esta capacidade apoia o projectista de redes prediais, de telecomunicações ou de ar condicionado, na definição do projecto da sua especialidade de forma a ser adequadamente acomodado no edifício (Sampaio & Berdeja, 2017).

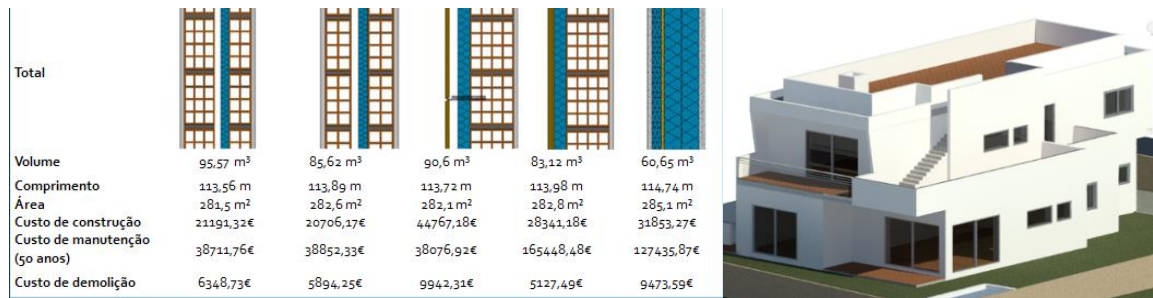


Figura 7. Geração e aplicação de objectos paramétricos de paredes exteriores

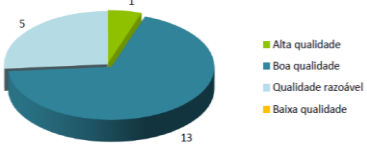
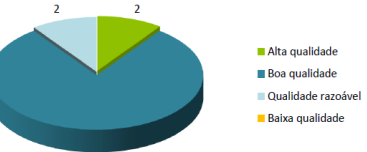
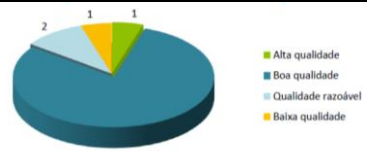
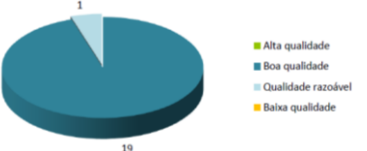
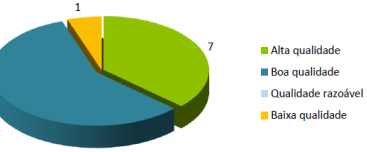
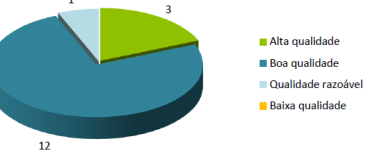
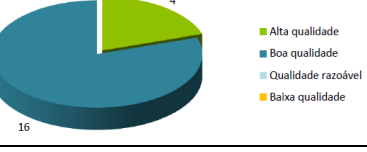
2.3 Avaliação do Curso

O curso promove, assim, uma aprendizagem do conceito BIM e a utilização de ferramentas e, adicionalmente, aborda a sua aplicabilidade, orientada para os aspectos mais relevantes e de interesse na profissão na Construção, atendendo aos requisitos e expectativas dos participantes. A maioria dos assistentes não tem qualquer conhecimento da metodologia, mas reconhecem, pela própria exigência competitiva do sector, que o BIM é um conhecimento que devem adquirir. A componente prática do curso é inserida como base à introdução da real capacidade da metodologia, estendida à extracção de informação e ao uso de ferramentas BIM complementares e específicos (cálculo estrutural ou visualizadores). A documentação entregue aos participantes, consiste num texto em formato tutorial, referente à componente prática do curso, e um conjunto de slides organizados por cada formador.

Concluído o curso de formação, os participantes são convidados a responderem a um pequeno inquérito permitindo transmitir ao coordenador e aos formadores, qual a satisfação perante as expectativas iniciais e qual a direcção de orientação que futuros cursos poderão seguir de forma a melhor responder às exigências da comunidade (Tabela 1). O tratamento estatístico foi fornecido pela FUNDEC ilustrando de uma forma quantitativa a qualidade do curso e as preferências dos tópicos abordados, segundo a perspectiva dos participantes.

Naturalmente que o curso, ministrado a uma assistência heterogénea de formação, satisfaz de um modo distinto as expectativas que os participantes tinham inicialmente com o curso. No entanto, a apreciação global é muito satisfatória e verifica-se que os temas que mais agradaram estão relacionados com a componente prática, as infra-estruturas, a detecção de conflitos e os objectos paramétricos. De acordo com as sugestões relativas a tópicos a abordar futuramente, é intenção da coordenação incluir uma componente mais prática de utilização, de ferramentas BIM, não só de modelação mas também de apoio à análise de interferências, de planeamento de construção ou mesmo de cálculo estrutural. A sua duração deverá contudo ser maior, prevendo-se o planeamento de cursos com dois dias. A procura deste tipo de cursos é cada vez maior, nomeadamente por parte de Câmaras Municipais e por instituições públicas, revelando que começa a haver um reconhecimento, a um nível público, de que a implementação obrigatória do BIM, que segundo a Comissão Técnica (CT) 197 (Normalização BIM) (2017) deverá ocorrer em breve, e que há semelhança de outros países a imposição é governamental. As instituições públicas devem assim estar actualizadas com esta componente.

Tabela 1. Avaliação de satisfação com o curso ministrado

Tópicos	Comentários	Qualidade
<i>Apreciação global</i>	<ul style="list-style-type: none"> - O curso de formação excedeu as expectativas tendo em conta o tempo disponível, permitindo obter uma perspectiva global do BIM e da sua aplicabilidade. - Tempo de formação insuficiente, pois o curso requer uma maior duração, com uma componente prática mais demorada e específica. - Documentação reduzida face à abrangência do BIM. 	 <p>Alta qualidade: 1 Boa qualidade: 13 Qualidade razoável: 5 Baixa qualidade: 1</p>
<i>Introdução ao BIM e sessão prática</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Importante inserção de componente prática na formação, permitindo aprendizagem de fundamentos da utilização de ferramenta de base BIM. - Formador muito prático, pragmático e disponível e desempenhou bem a função de coordenador do curso. - Fácil empatia com os formandos e resposta inteligente e acessível às questões colocadas. - Faltou apoio informático na sessão prática e o caso prático requer mais tempo. 	 <p>Alta qualidade: 2 Boa qualidade: 16 Qualidade razoável: 2 Baixa qualidade: 0</p>
<i>Projecto de estruturas</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de projecto de estruturas demonstrado em todas as etapas de modelação e transferência de dados. - Formador com boa capacidade de comunicação e transmissão dos assuntos e soube responder às questões colocadas. 	 <p>Alta qualidade: 1 Boa qualidade: 16 Qualidade razoável: 2 Baixa qualidade: 1</p>
<i>Planeamento da construção</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Dentro do tempo disponível foi apresentada a capacidade de simulação de construção, com a transmissão do básico possibilitando futuramente um estudo mais aprofundado. - Formador muito expedito na explicação e disponível para esclarecer questões de forma adequada, conseguindo apresentar as vantagens de utilização. 	 <p>Alta qualidade: 0 Boa qualidade: 19 Qualidade razoável: 1 Baixa qualidade: 0</p>
<i>Infra-estruturas</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Demonstração da aplicabilidade do BIM na rodovia e barragens, embora sem conteúdo técnico mas generalista e útil. - Formador prático, explícito nos temas abordados, boa capacidade de transmissão da informação e soube responder às questões colocadas. 	 <p>Alta qualidade: 7 Boa qualidade: 11 Qualidade razoável: 1 Baixa qualidade: 1</p>
<i>Objectos paramétricos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Exposição interessante e bem estruturada de exemplo prático de utilização de <i>software</i> e da aplicação do BIM. - Demonstração de potencialidades do <i>software</i> e suas limitações, bem ilustrada com exemplos adequados. 	 <p>Alta qualidade: 3 Boa qualidade: 12 Qualidade razoável: 1 Baixa qualidade: 0</p>
<i>Detecção conflitos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Caso de interesse de aplicação muito prática na actividade do projectista coordenador. - O formador expressa-se com clareza e denota bons conhecimentos teóricos e práticos. 	 <p>Alta qualidade: 4 Boa qualidade: 16 Qualidade razoável: 0 Baixa qualidade: 0</p>
<i>Sugestão de tópicos a incluir em cursos BIM</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Curso prático de BIM. - BIM aplicado a obras subterrâneas. - Exploração da metodologia BIM na gestão e coordenação. - Cursos práticos de outros <i>softwares</i> de base BIM. - Padronização e parametrização de objectos construtivos; - Caracterização dos modelos BIM 5D/6D/7D e 8D. 	

3. CONCLUSÕES

O conteúdo programático do curso profissional, no âmbito da temática BIM e oferecido pela FUNDEC, foi organizado de forma a adaptar-se às solicitações requeridas pela indústria, mas de forma a abranger um vasto leque da aplicabilidade do BIM no sector. Os participantes revelaram bastante interesse em todos os tópicos apresentados, questionando frequentemente os formadores, numa perspectiva de esclarecimento mais direccionado para a sua actividade particular no contexto da sua empresa pública ou privada. O curso foi, durante o presente ano, apresentado já em quatro sessões, de Março a Julho, dado o interesse manifestado junto da direcção da FUNDEC. A coordenação organizou o programa do curso com uma componente prática, que se revelou uma das mais satisfatórias, e outra mais específica de forma a atender aos diversos interesses dos participantes. A assistência, no conjunto das diferentes sessões do curso, era composta por técnicos de formação distinta: engenheiros civis, mecânicos, electrotécnicos e informáticos, além de desenhadores, arquitectos e gestores. Por análise dos inquéritos recolhidos, o curso foi reconhecido com uma boa classificação global, assim, como os formadores convidados pelo coordenador, experientes no tema e com capacidade de comunicação, foram igualmente bem classificados. Ainda no presente ano, foi já agendada uma outra sessão do curso, para Novembro, devendo a coordenação introduzir alguma adaptação de conteúdos, de acordo com os aspectos sugeridos e incluídas nos inquéritos respondidos pelos participantes.

O principal objectivo do curso é essencialmente capacitar os participantes de treino e conhecimento que lhes seja útil na sua actividade. Os profissionais da indústria sentem necessidade de se actualizar no contexto BIM e o curso contribui de um modo positivo para essa aprendizagem. A escola e a indústria devem colaborar para um maior proveito de ambos.

REFERÊNCIAS

- Araújo, L., 2016. *Desenvolvimento de biblioteca de paredes na metodologia BIM*, Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Chen L.J. and Luo H., 2014. A BIM-based construction quality management model and its applications, *Automation in Construction*, 46 (2014) 64–73 <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.009>
- Comissão Técnica (CT) 197 – Normalização BIM, 2017, <https://www.tpf.pt/pt/comissao-tecnica-ct-197-normalizacao-bim-c-1826-2----.html>
- Curso FUNDEC, 2019, Metodologia BIM na indústria da Construção, coordenação Sampaio, A.Z., <http://www.fundec.pt/pt-pt/content/metodologia-bim-na-industria-da-construcao>
- Eadie R. et al, 2013. BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis, *Automation in Construction*, 36 (2013) 145–151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.001>
- Eastman, C. et al, 2011. *BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
- FUNDEC, 2019, Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura <http://www.fundec.pt/pt-pt/fundec>
- Sampaio, A.Z. and Berdeja, E., 2017. The use of BIM tools to support the development and analyses of projects, CUIBET 2017 – 25th International Congress in Innovation in Technical Education, Badajoz, Spain, pp. 577-586,
- Sampaio, A.Z. and Mota C., 2016. BIM model of structures used in construction planning, *Proceedings of the National meeting of Structural Concrete*, Coimbra, Portugal, 10 pgs, <http://be2016.dec.uc.pt/>
- Sampaio, A.Z. and Oliveira, J.D. 2019, BIM in structures: Analysis of interoperability, *Proceedings of ICSAAM2019 - International Conference on Structural Analysis of Advanced Materials*, Ischia, Italy, <https://www.icsaamconference.com/index.php>
- Sampaio, A.Z., 2017. BIM as a Computer-Aided Design methodology in Civil Engineering, *Journal of Software Engineering and Applications*, Vol.10, No.02(2017), pp: 194-210, Article ID:74476,17 pages, 10.4236/jsea.2017.102012, <https://doi.org/10.4236/jsea.2017>, ISSN Online: 1945-3124, ISSN Print: 1945-3116
- Sampaio, A.Z., 2018. Establishment of parametric objects to support multi BIM tasks, *Proceedings of CINIE 2018 - 2º Congreso Internacional de Innovación Educativa en Edificación*, Madrid, Espanha, pp. 980 - 989.
- Sampaio, A.Z., 2019. Education of the innovative BIM methodology claimed by the Construction industry, *Proceedings of Agora - I Internacional sobre Educación, Investigación y Empleo*, Badajoz, Espanha, www.agora2019.com
- Serra, P., 2019. *Aplicação da metodologia BIM em infra-estruturas, texto didáctico de módulo de curso FUNDEC: Metodologia BIM na indústria da Construção*, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

SOCIAL CRM E FINTECH: ANÁLISE DE PUBLICAÇÕES INTERNACIONAIS 2008-2018

Liliane Araújo¹, Cristiana de Muylder¹, João Ricardo Guerra^{1,2}, Olaf Reinhold² e Julio Viana²
¹Universidade FUMEC – Programa de Doutorado e Mestrado em Administração, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil
²Social CRM Research Center, Leipzig, Saxônia, Alemanha

RESUMO

Diante a fatores com globalização e ascensão tecnológica, proporcionando a intensa utilização de dispositivos móveis, surge o contexto capacitante para o estudo e desenvolvimento de *SCRM* (*Social Customer Relationship Management*). O *SCRM* tem por objetivo integrar a gestão de relacionamento com clientes às mídias sociais, de forma a buscar um melhor entendimento na forma de satisfação das necessidades dos *stakeholders*. Nesse sentido, o setor bancário percebe a necessidade de não apenas acompanhar esse movimento, mas sobretudo entender como novos *players*, sobretudo as *Fintechs* (*Financial and Technology*) passam a disputar esse mercado que é cada vez mais competitivo. Diante ao exposto, o trabalho em questão tem como objetivo avaliar as possibilidades de aplicação de *SCRM* nas *Fintechs*, e verificar como estão sendo estudados os assuntos que inter-relacionam esses temas. Na metodologia da pesquisa utilizou-se a análise cientométrica do *software Vosviewer* para identificar o vínculo entre as palavras-chave. A pesquisa bibliométrica foi realizada nas bases *Elsevier*, *EBSCOhost* e *Inderscience*, utilizando o construto *Fintech*, de janeiro de 2008 a dezembro de 2018. A análise permitiu identificar a mudança no mercado financeiro por meio de uma inovação disruptiva dos bancos digitais o que ocasionou uma revolução na forma de ofertar os produtos e serviços fazendários. Com a implementação da *Fintech* no setor financeiro, houve uma revolução na forma de captação de novos clientes por meio das redes sociais e *internet*, uma geração de consumidores com comportamento influenciado por essas redes, e com reflexo na oferta de produtos e serviços. Como sugestão para estudos futuros, propõe-se uma análise como uma forma comparativa para identificar a eficácia na utilização de *SCRM* em *Fintechs*.

PALAVRAS-CHAVE

Social CRM, *Fintech*, Banco, Inter-Relacionamento, Revolução

1. INTRODUÇÃO

O *SCRM* (*Social Customer Relationship Management*) é uma tecnologia que integra as ferramentas de mídia social e o gerenciamento de clientes para monitorar a análise de mercado. Espera-se que essa análise se torne *mainstream* para fornecer novas oportunidades para estratégias de colaboração, vendas e economia de custos conforme estudos de Greenberg, 2010, Banwo, 2018, Lee, & Shin, 2018.

Com a utilização da *internet* e dispositivos móveis com funções diferentes, os consumidores passam a vislumbrar novas oportunidades diariamente. No setor financeiro, surge então uma nova forma de realizar as transações bancárias, um método mais democrático que envolve grande parte da população, através dos bancos digitais, as *Fintechs* (*Financial and Technology*), introduzindo no mercado bancário formas inovadoras dos mesmos serviços e produtos oferecidos pelos bancos tradicionais.

Os serviços *Fintechs*, *Financial Startup* e *Online banking*, segundo Chen, Li, Wu, & Luo, 2017, Qi, Y., & Xiao, 2018, fazem com que os bancos tradicionais busquem se atualizar às novas necessidades para garantir sua participação de mercado, conforme Reinhold & Alt, 2009. Diante desse desafio, quais são as possibilidades de usar o *SCRM* nas *Fintechs*? Como estão sendo estudados os assuntos que inter-relacionam esses temas? Assim, este trabalho tem como objetivo elucidar e identificar quais são as discussões acerca dos constructos *Fintechs* e *SCRM* na academia internacional.

Trata-se, portanto, de uma pesquisa descritiva, que utilizou artigos publicados nas bases *Elsevier*, *EBSCOhost* e *Inderscience* de janeiro de 2008 a dezembro de 2018. As bases selecionadas pelos autores foram adotadas pela relevância para a ciência, sendo compostas por periódicos de impacto científico em diversas áreas e países. O estudo pretende contribuir com *finds* sobre *SCRM* e *Fintechs*, promovendo e gerando novas discussões que possam atender às demandas do mercado financeiro e tecnológico. O setor financeiro passa portando a refletir sobre novos produtos e serviços focados em investimentos, alinhados entre o perfil e a demanda do consumidor por solução de problemas.

Nesse sentido, após a introdução do artigo realizada na sessão 1, tem-se a visão do novo mercado financeiro associada ao conceito de *Fintech* na parte 2, e na parte 3 será abordado o tema gerenciamento do relacionamento com clientes em mídia social. Nas seções 4 e 5 a apresentação da metodologia adotada para a pesquisa e os resultados, respectivamente, finalizando com as considerações finais no tópico 6.

2. NOVO MERCADO FINANCEIRO: FINTECH

A mobilidade tecnológica permitiu a expansão de serviços e produtos disponíveis para os clientes por meio de inovações, possibilitando um real estreitamento da relação entre o banco e consumidores, proporcionando ainda a entrada de negócios em mercados intermediários, de acordo com Faase, Helms, & Spruit, 2011, Lak, & Rezaeenour, 2017. Faase, Helms, & Spruit, 2011 também acrescentam que as vantagens na adoção do banco digital podem ser verificadas: onipresença, imediatismo, localização, conectividade instantânea e funcionalidade proativa.

Uma característica importante na dinâmica de aceitação desse ambiente bancário, devido ao avanço da mobilidade, é a possibilidade dos usuários em acessar as informações financeiras a qualquer momento e em qualquer lugar de acordo com estudos de Faase, Helms, & Spruit, 2011, Alt, Beck, & Smits, 2018. Em contrapartida, Alt, Beck, & Smits, 2018 afirmam que o volume de informações divulgadas no canal eletrônico de fidelização de clientes com o banco ficou restrito ao acesso de outras instituições, visto que atualmente, os usuários possuem relacionamento com vários bancos.

Assim, uma característica decisória da atração do cliente que escolhe adotar uma instituição específica é a proximidade, um envolvimento confiável entre usuários e instituições. Nesse sentido, para fortalecer a aliança e vincular a rede digital com os benefícios de realizar transações pela *internet*, de acordo com Hart, & Gamal, 2012, Kim, Shin, & Lee, 2009, Canaday, 2017, quanto mais próximo o cliente estiver da sua instituição, mais fácil será se conectar.

Na visão de Nguyen, & Mutum, 2012, esse cenário suporta uma possível mudança no comportamento dos usuários bancários, que tendem a permanecer nesse nível de evolução de acordo com estudos de Há, Canedoli, Baur, & Bick, 2012. A principal motivação para tal fato é que as novas gerações de consumidores estão cada vez mais afeitas às tecnologias e com menos tempo disponível para se comprometer com as rotinas bancárias.

Em resposta a esse novo ambiente, surge a expressão *Fintech* (*Financial and Technology*), para Li, Spigt, & Swinkels, 2017, que é um novo serviço baseado em tecnologia, conforme comunhão de ideias entre Bergara, & Ponce, 2017, Lehmkuhl, & Jung, 2013, Greve, 2011, Mosadegh, 2011, Há, Canedoli, Baur, & Bick, 2012, Mancini-Griffoli, 2018, Mai, Shan, Bai, Wang, & Chiang, 2018, Alt, Beck, & Smits, 2018, que pode ser usado por instituições financeiras e não financeiras de acordo com Bergara, & Ponce, 2017, Ojeniyi, Alo, Oyetade, Ang, & Sanusi, 2015. Nessa direção, estudos apontam para a possibilidade de compartilhamento de parcerias entre bancos e *Fintechs*, gerando opções para o consumidor acessar informações e serviços diferenciados, oferecendo novas opções financeiras e não financeiras (Bolchover, & Symington, 2012, Li, Spigt, & Swinkels, 2017, Lehmkuhl, & Jung, 2013).

3. GERENCIAMENTO DO RELACIONAMENTO COM CLIENTES EM MÍDIA SOCIAL

Os sistemas de gerenciamento de relacionamento com clientes (*CRM*), são um tipo de sistema de informações que permitem que as organizações entrem em contato com os clientes. Através da coleta, armazenagem e análise de dados dessa relação proporciona-se uma visão abrangente do mercado, de acordo com pesquisas de Gai, Qiu, & Sun, 2018.

O *SCRM*, ou *CRM* social, pode ser descrito como a expansão natural do *CRM*, com uma mudança na estratégia de marketing, citado por Leong, Tan, Xiao, Tan, & Sun, 2017. Parte-se do pressuposto de envolvimento do cliente em uma abordagem colaborativa que busque a satisfação real das necessidades (De Muylder, Araujo, Isnard, Oliveira, Vasconcelos, 2018).

A definição mais usada de *CRM* social (*SCRM*) é de Greenberg, 2010, confluindo com os ensinamentos de (Greenberg, 2010, Ge, Feng, Gu, & Zhang, 2017, Chen, Chen, & Tsaur, 2016, Estrella-Ramon, Sánchez-Pérez, & Swinnen, 2016, Gaughan, 2017, Heller Baird, & Parasnis, 2011, Jiang, Ho, Yan, & Tan, 2018, Pousttchi, & Dehnert, 2018, Románova, & Kudinska, 2016). Entende-se, portanto, que o *SCRM* é “uma filosofia e uma estratégia de negócios, suportada por uma plataforma de tecnologia, regras de negócios, processos e características sociais, projetadas para envolver o cliente em uma conversa colaborativa, a fim de fornecer valor mutuamente benéfico em um ambiente de negócios confiável e transparente. Ou seja, é a resposta da empresa à própria conversa com o cliente”. É uma atualização do gerenciamento original de relacionamento com o cliente, empregando mídias sociais ou mecanismos da *Web 2.0*.

Usando tais aplicativos de mídia social, o *SCRM* integra as atividades tradicionais de atendimento ao cliente, incluindo sistemas e tecnologias, com aplicativos emergentes de mídia social para envolver os clientes e outros atores em relações de colaboração, pela indicação de Montazemi, & Qahri-Saremi, 2015.

4. METODOLOGIA

Utilizou-se a análise cientométrica do *software Vosviewer* para identificar o vínculo entre as palavras-chave que compõem os artigos das bases escolhidas pelos autores e a relação entre os autores e as citações presentes. A pesquisa bibliométrica foi realizada nas bases *Elsevier*, *EBSCOhost*, *Inderscience*, utilizando o construto *Fintech* de janeiro de 2008 a dezembro de 2018, identificando-se 479 artigos e utilizando as mesmas bases para o construto “*Social CRM*”, encontrando 134 artigos no mesmo período.

A preferência pela base Elsevier deu-se por ser uma publicação renomada em âmbito internacional com periódicos e revistas de grande impacto na ciência. O caminho realizado na identificação dos 142 documentos encontrados na base *Elsevier*, foi confirmado de acordo com os critérios estabelecidos em pesquisa.

Finalizando a busca pelo construto *Fintech*, seguindo os critérios estabelecidos pelos autores, a base *Inderscience* colaborou com 34 documentos ao resultado. É possível inferir a baixa expressividade em publicação da temática quando comparada com as demais bases supracitadas, verificando-se uma oportunidade de desenvolvimento do tema. A importância da base no âmbito acadêmico internacional é relevante compondo-se de 436 periódicos em sua estrutura.

Seguindo os mesmos critérios apresentados no construto *Fintech*, pesquisou-se também por *Social CRM*, nas bases equivalentes, localizando 134 documentos no total. Posteriormente foi realizada uma busca na base *EBSCOhost*, mapeando 35 documentos. Já na base *Elsevier*, foram localizados 68 documentos utilizando os mesmos critérios estabelecidos. E por fim, pela base *Inderscience* foram encontrados 31 documentos com a busca da *Social CRM* no período estabelecido. Quanto aos critérios de inclusão e exclusão, estes são tratados e detalhados na Tabela 1.

A próxima seção reflete os resultados da pesquisa usando a ferramenta *Vosviewer* como alternativa a apresentar, quais as palavras-chave conseguem aproximar os dois temas. Optou-se pelas bases *EBSCOhost*, *Elsevier* e *Inderscience* pela disponibilidade e facilidade de acesso aos pesquisadores, uma vez que se propõe a elucidar o assunto da *Fintech* e *Social CRM* na academia internacional. Além disso por se tratar de um tema referente a inovação, não seria possível identificar a evolução em períodos de pesquisa mais longos, por esse motivo houve o corte temporal de 11 anos.

Tabela 1. Critérios de inclusão e exclusão

<p>Participantes:</p> <p><i>Inclusão</i> Qualquer estudo que tivesse os termos <i>Fintech</i> ou <i>Social CRM</i> nas duas fases da pesquisa em qualquer seção do documento.</p> <p><i>Exclusão</i> Nenhuma restrição para exclusão foi aplicada.</p>
<p>Resultados:</p> <p>Artigos científicos sobre os dois temas chave.</p> <p><i>Inclusão</i> Qualquer trabalho indexado nas bases pesquisadas que apresente estudos sobre <i>Fintech</i> ou <i>Social CRM</i> contemplando aplicações tecnológicas e estudos de caso.</p> <p><i>Exclusão</i> Qualquer trabalho que aborde assuntos que não tratem os termos pesquisados e apenas cite-os sem ser o foco do artigo .</p>
<p>Tipos de estudos:</p> <p><i>Inclusão</i> Foram selecionados artigos que se enquadram nos seguintes filtros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Qualquer estudo do tipo <i>journal article</i>; - Qualquer período de tempo; - Trabalhos publicados em qualquer idioma. <p><i>Exclusão</i> Estudo em que os resultados não podem ser classificados; Trabalhos duplicados; Estudos que não abordam o tema necessário; Publicações que não foram classificadas como <i>journal article</i> nas bases selecionadas.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores

5. RESULTADOS

Na pesquisa realizada pelos autores identificou-se 479 artigos no que tange ao construto *Fintech* e 134 *Social CRM*, totalizando 613 artigos que foram dispostos na ferramenta *Vosviewer*. Todavia, optou-se por trabalhar apenas por meio dos mapas de densidade e rede de conexão das palavras-chave e a relação entre elas, ou seja, buscou-se representar a união entre esses dois temas atuais, identificando nas pesquisas publicadas como a ferramenta da *Social CRM* está sendo utilizada pelas *Fintechs*.

Considerando a análise conjunta dos construtos *Fintech* e *Social CRM*, observa-se que essas palavras chave apareceram nos artigos pelo menos 1 vez, em todas as três bases pesquisadas. Por esse filtro, foi mapeado um total de 2040 itens, sendo divididos em 115 *clusters*, iniciando-se com 67 itens no primeiro grupo, seguido por 65, 61, 60 e 55 itens por *clusters*.

Nota-se os termos em evidência como *fintech*, *banks*, *techonological innovations*, *social media*, *social crm* e *techonological change:choices*, demonstram como a referência da captação de dados por meio de *Big data*, mídia social, aprendizado de máquina trazem benefícios para as *Fintechs*. As aferições permitem o entendimento da necessidade de uma abordagem com os clientes de forma mais assertiva, o que transforma o cenário bancário que antes era dominado pelas instituições tradicionais, (Yanagawa, 2016, Brătășanu, 2017; Canaday, 2017; Ge, Feng, Gu, & Zhang, 2017; Bergara, & Ponce, 2017; Mancini-Griffoli, (2018) Mai, Shan, Bai, Wang, & Chiang, 2018).

Após a análise de mapa *overlay*, percebe-se que distância entre os itens se referem a aproximação de vínculos referentes a co-citação, ou seja, em que houve maiores co-citações entre as palavras-chave. Nota-se os mesmos termos em evidência, demonstrando como a aproximação dos temas tem sido elucidada na academia internacional.

Giannakis-Bompolis, & Boutsouki (2014), em sua pesquisa realizada acerca do segmento bancário na Grécia, puderam identificar a ferramenta do *CRM* e *Social CRM* como influenciadores para novos clientes no sistema financeiro para adoção de produtos. Percebe-se que para o banco ou empresas do setor que utiliza desse mecanismo, pela adoção das tecnologias citadas, permite acesso à vanguarda do relacionamento com o

consumidor, uma vez que os *feedbacks* capturados por meio das redes sociais possibilitam essa interação mais próxima.

Como oportunidade de se reinventar, os bancos tradicionais seguem os caminhos das *Fintechs* fazendo uso de evoluções tecnológicas como *Bigdata*, computação na nuvem, Lee & Shin, (2018). Dessa forma, as instituições têm buscado ofertar um serviço personalizado e com maior eficácia para desenvolver uma estrutura de custo reduzido.

Vargha (2018), em seu estudo desenvolvido na Hungria, também corrobora com esse raciocínio, indicando que os bancos iniciaram na adoção do *CRM*, uma forma de se destacar em um mercado saturado. Aderindo a maneira inovadora das *Fintechs* por meio da leitura de hábitos, perfis, atividade e modo de utilização dos serviços pode-se ter uma maior visibilidade acerca dos problemas a serem solucionados.

Por meio da avaliação de densidade das palavras-chave, indicando os termos com maior representatividade dentro da base pesquisada, tem-se a consolidação dos objetivos do estudo em elucidar as possibilidades de utilização do *Social CRM* pelas *Fintechs* e as discussões acerca da temática na academia internacional. Os estudos confirmam essa mudança na estrutura financeira, vide os desafios das *Fintechs*, Gaughan, (2017) e as mudanças disruptivas no mercado, Canaday, (2017). O desenvolvimento em inovação tecnológica no setor bancário tradicional, Mancini-Griffoli, (2018), a adoção da inteligência artificial Banwo, (2018) pelo setor e a influência das redes sociais como forma de eficiência na oferta de produtos ao consumidor financeiro (Mai, Shan, Bai, Wang, X., & Chiang, 2018), também caracterizam esse novo mercado.

Assim, as mídias sociais estão cada vez mais em evidência, pois são capazes de monitorar e controlar os hábitos, preferências, riquezas, Mancini-Griffoli, (2018). A posse desses dados torna-se ainda mais importante para o *market-share* das instituições e *Fintechs*, por esse motivo a expressiva relevância na aplicação de *Social CRM* como uma ferramenta aliada à busca de efetividade e *performance*.

Nota-se pelo estudo realizado por Qi & Xiao, (2018) na China, que a utilização de análise de dados por meio da rede social e *internet*, possibilita um panorama de riscos referentes a diversos assuntos, que poderão ser úteis tanto para o setor financeiro, como *marketing* e oferta de emprego. O comportamento do consumidor, tanto para os bancos tradicionais, como para as *Fintechs* sofre grande influência pelo uso da internet.

O interesse público é motivado por meio das ações impostas pela mídia social, Vasiljeva, & Lukanova, (2016), logo a necessidade de investir em banco de dados, como o *Big Data* torna-se fundamental para o setor. Uma vez que a *Fintech* inovou no setor utilizando recursos diretos da mídia social, Brătășanu, (2017), baseado na influência exercida por esse meio de comunicação com o consumidor, mostra-se uma nova solução frente aos desafios.

A aplicação do *crowdsourcing*, como forma de compartilhar conhecimentos por meio de criação de um produto ou ideia pelas *Fintechs*, permitiu o aprimoramento de produtos e soluções financeiras com melhor eficiência e aplicabilidade, redefinindo o modelo tradicional. Dessa forma identifica-se além de uma maior atração de clientes, o aumento direto da rentabilidade nos negócios (Canaday, 2017).

Diante do cenário apresentado, esta pesquisa identifica a utilização do *Social CRM* tanto pelas *Fintechs* como pelos bancos tradicionais, como permissiva para a análise do mercado financeiro de forma mais assertiva. Uma vez que o uso da mídia social e *internet* de forma geral são influenciadores do comportamento e mercado financeiro, como o valor das moedas criptografadas *Bitcoin*, Mai, Shan, Bai, Wang, & Chiang, (2018), aceitação de crowdfunding (empréstimos P2P), Jiang, Ho, Yan, & Tan, (2018), robô-advisor (consultores de investimentos), (Bergara, & Ponce, 2017), o *Social CRM* aplicado às *Fintechs* tem se cunhado cada vez mais como uma característica necessária a essas instituições.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pergunta norteadora deste trabalho elucidada “quais são discussões acerca das *Fintechs* e o *SCRM* na academia internacional”, como método utilizado para analisar as discussões no cenário acadêmico. Adotou-se, portanto, uma pesquisa descritiva por intermédio da análise bibliométrica, e foram identificados 613 artigos no total das buscas dos construtos *Fintech* e *Social CRM*, sendo 479 e 134 artigos, respectivamente, nas bases *EBSCOhost*, *Elsevier* e *Inderscience*, no período compreendido entre janeiro de 2008 a dezembro de 2018.

A análise permitiu identificar a mudança no mercado financeiro por meio de uma inovação disruptiva dos bancos digitais, o que ocasionou uma revolução na forma de ofertar os produtos e serviços fazendários. Com a implementação da *Fintech* no setor financeiro, houve uma revolução na forma de captação de novos clientes por meio das redes sociais e *internet*. Surge então uma geração de consumidores com comportamento influenciado pelas redes sociais e com reflexo na oferta de produtos e serviços.

Compreende-se a identificação entre os construtos *Fintech* e *Social CRM*, na medida em que tal sintonia é primordial para identificar com maior assertividade o perfil, os hábitos e necessidades que os consumidores e usuários necessitam, de forma que a oferta dos seus serviços e produtos sejam mais eficientes, eficazes e rentáveis para todos *stakeholders*. Além disso, a evolução desse setor permitirá um equilíbrio no mercado financeiro, uma vez que os bancos tradicionais, antes detentores do *market-share* se veem em uma situação desconfortável, diante à mudança disruptiva entre as gerações bancarizadas. Nessas circunstâncias, os prestadores de serviços tradicionais devem alinhar-se aos serviços ofertados pelas *Fintechs* como forma de sobrevivência no mercado e buscar uma maior adaptação para atender as novas exigências mercadológicas e comportamentais.

A pesquisa apresenta como limitação a restrição da análise em apenas três bases como *EBSCOhost*, *Elsevier* e *Inderscience*, apesar de ter sido uma escolha dos autores devido a conveniência e facilidade de acesso. Como sugestão para estudos futuros, propõe-se uma análise entre os gestores do setor financeiro tradicional e digital que tenham adotado e não tenham adotado as práticas de *SCRM*, como uma forma comparativa no intuito de identificar a eficácia na utilização do instrumento, sobretudo os resultados financeiros da aplicação.

Este estudo salienta a mudança ocorrida em organizações que foram obrigadas a examinar novos modelos e tecnologias de negócios, incluindo o rastreamento de mídias sociais. O *SCRM* vem a ser uma estratégia proativa para as *Fintechs*, que são a nova forma de negócios bancários com base no serviço online.

AGRADECIMENTO

FAPEMIG, FUMEC e ao *Social CRM Research Center* (Leipzig, Alemanha). Este estudo foi financiado em parte pelo CNPq - Código Financeiro 407907 / 2018-1 e um perfil de produção científica do CNPq *Productivity Finan*.

REFERÊNCIAS

- Alt, R., Beck, R., & Smits, M. T. (2018). FinTech and the transformation of the financial industry, <https://link.springer.com/article/10.1007/s12525-018-0310-9>
- Banwo, A. (2018). Artificial intelligence and financial services: Regulatory tracking and change management. *Journal of Securities Operations & Custody*, 10(4), 354-365.
- Bergara, M., & Ponce, J. (2017). ¿ Qué tan perturbadoras son las tecnologías financieras?. *Monetaria*, 39(2).
- Bolchover, D., & Symington, A. (2012). Getting closer to the customer. London, New York, Hong Kong, Geneva Alt, R., Beck, R., & Smits, M. T.
- Brătășanu, V. (2017). Digital innovation the new paradigm for financial services industry. *Theoretical & Applied Economics*, 24.
- Canaday, T. (2017). Evolving a payments business to meet the demands of a distributed economy. *Journal of Payments Strategy & Systems*, 11(1), 15-22.
- Chen, M. C., Chen, S. S., Yeh, H. M., & Tsaor, W. G. (2016). The key factors influencing internet finances services satisfaction: An empirical study in Taiwan. *american journal of industrial and business management*, 6(06), 748.
- Chen, Z., Li, Y., Wu, Y., & Luo, J. (2017). The transition from traditional banking to mobile internet finance: an organizational innovation perspective-a comparative study of Citibank and ICBC. *Financial Innovation*, 3(1), 12.
- De Muylder, Cristiana F.; Araujo, L. A.; Isnard, P.; Oliveira, J. G.; Vasconcelos, I. M. P. Inovação no setor financeiro: Fintech e análise bibliométrica dos estudos realizados. In: XXI SEMEAD, 2018, São Paulo. XXI Semead. São Paulo: USP, 2018. v. 1. p. 1-14.
- Estrella-Ramon, A., Sánchez-Pérez, M., & Swinnen, G. (2016). How customers' offline experience affects the adoption of online banking. *Internet Research*, 26(5), 1072-1092.

- Faase, R., Helms, R., & Spruit, M. (2011). Web 2.0 in the CRM domain: defining social CRM. *International Journal of Electronic Customer Relationship Management*, 5(1), 1-22.
- Gaughan, M. (2017). Commentary: FinTech and the Liberation of the Community Reinvestment Act Marketplace. *Cityscape*, 19(2), 187-198.
- Ge, R., Feng, J., Gu, B., & Zhang, P. (2017). Predicting and deterring default with social media information in peer-to-peer lending. *Journal of Management Information Systems*, 34(2), 401-424.
- Giannakis-Bompolis, C., & Boutsouki, C. (2014). Customer relationship management in the era of social web and social customer: an investigation of customer engagement in the Greek retail banking sector. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 148, 67-78.
- Gai, K., Qiu, M., & Sun, X. (2018). A survey on FinTech. *Journal of Network and Computer Applications*, 103, 262-273.
- Greenberg, P. (2010). The impact of CRM 2.0 on customer insight. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 25(6), 410-419.
- Greve, G. (2011). Social CRM – ganzheitliches Beziehungsmanagement mit Social Media. *Marketing Review St. Gallen*, 28(5), 16–21. doi:10.1007/s11621-011-0058-5
- Ha, K. H., Canedoli, A., Baur, A. W., & Bick, M. (2012). Mobile banking—insights on its increasing relevance and most common drivers of adoption. *Electronic Markets*, 22(4), 217-227.
- Hart, S. W., & Gamal, K. (2012). Social Customer Relationship Management - From Customer to Friend. EMICS 2012 Proceedings (pp. 75–88). Munich.
- Heller Baird, C., & Parasnis, G. (2011). From social media to social customer relationship management. *Strategy & leadership*, 39(5), 30-37.
- Kim, G., Shin, B., & Lee, H. G. (2009). Understanding dynamics between initial trust and usage intentions of mobile banking. *Information Systems Journal*, 19(3), 283-311.
- Lak, B., & Rezaeenour, J. (2017). Effective Factors of Social Customer Knowledge Management (SCKM) in Organisations: Study of Electronic Service Providers in Iran. *Journal of Information & Knowledge Management*, 16(02), 1750014.
- Lee, I., & Shin, Y. J. (2018). Fintech: Ecosystem, business models, investment decisions, and challenges. *Business Horizons*, 61(1), 35-46.
- Lehmkuhl, T., & Jung, R. (2013). Towards social CRM-scoping the concept and guiding research.
- Leong, C., Tan, B., Xiao, X., Tan, F. T. C., & Sun, Y. (2017). Nurturing a FinTech ecosystem: The case of a youth microloan startup in China. *International Journal of Information Management*, 37(2), 92-97.
- Li, Y., Spigt, R., & Swinkels, L. (2017). The impact of FinTech start-ups on incumbent retail banks' share prices. *Financial Innovation*, 3(1), 26.
- Mai, F., Shan, Z., Bai, Q., Wang, X., & Chiang, R. H. (2018). How does social media impact Bitcoin value? A test of the silent majority hypothesis. *Journal of Management Information Systems*, 35(1), 19-52.
- Mancini-Griffoli, T., (2018) Banking on Change: new technologies promise to reshape the financial services industry. *Finance & Development*.
- Montazemi, A. R., & Qahri-Saremi, H. (2015). Factors affecting adoption of online banking: A meta-analytic structural equation modeling study. *Information & Management*, 52(2), 210-226.
- Mosadegh, M. J. (2011). Using social network paradigm for developing a conceptual framework in CRM. *Australian Journal of Business and Management Research*, 1(4), 63–71.
- Nguyen, B., & Mutum, D. S. (2012). A review of customer relationship management: successes, advances, pitfalls and futures. *Business Process Management Journal*, 18(3), 400–419. doi:10.1108/14637151211232614
- Ojeniyi, A., Alo, O. K., Oyetade, E. M., Ang, M. T., & Sanusi, Y. K. (2015, April). Online banking user interface: Perception and attitude. In 2015 International Conference on Computer, Communications, and Control Technology (I4CT) (pp. 64-69). IEEE.
- Pousttchi, K., & Dehnert, M. (2018). Exploring the digitalization impact on consumer decision-making in retail banking. *Electronic Markets*, 28(3), 265-286.
- Reinhold, O., & Alt, R. (2009). Enhancing collaborative CRM with mobile technologies. *BLED 2009 Proceedings*, 36.
- Vargha, Z. (2018). Performing a strategy's world: How redesigning customers made relationship banking possible. *Long Range Planning*, 51(3), 480-494.
- Vasiljeva, T., & Lukanova, K. (2016). Commercial Banks and Fintech Companies In The Digital Transformation: Challenges For The Future. *Journal of Business Management*, (11).
- Wang, L., Li, M., Han, X., Zhou, R., Zheng, K., & Liu, M. (2018). Improved Density Peak Clustering Algorithm Based on Choosing Strategy Automatically for Cut-off Distance and Cluster Centre. *Tehnički vjesnik*, 25(2), 536-545.

PLATAFORMA DE AVALIAÇÃO DE FUNÇÕES EXECUTIVAS COM TESTES NEUROPSICOLÓGICOS COMPUTADORIZADOS

Ana Garcia^{1*}, Fabíola Fleury², Gabriel Silva², Hugo Honda³ e Maria Clotilde H. Tavares¹

¹*Laboratório de Neurociências e Comportamento, Departamento de Ciências Fisiológicas, Instituto de Ciências Biológicas*

²*Engenharia de Software, Faculdade do Gama*

³*Engenharia de Computação, Faculdade de Tecnologia
Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil*

RESUMO

Os testes neuropsicológicos são tarefas elaboradas especificamente para investigação de processos cognitivos relacionados a uma estrutura cerebral específica. Esses testes podem ser utilizados em ensaios clínicos e também para obter resultados em pesquisas neurocientíficas. Especialmente naqueles para avaliar funções executivas, muitos processos podem ser avaliados como atenção, controle inibitório, memória, assim o desempenho do participante na execução do teste pode ser analisado sob diferentes aspectos, como tempo de resposta, tipo de estímulo e número de repetições. A TestPlatform inclui uma bateria de testes de funções executivas, padronizando protocolos de testes e tornando diversos paradigmas acessíveis, proporcionando flexibilidade no uso de diferentes experimentos e precisão nos resultados a serem avaliados. O software foi codificado em C#, uma linguagem de programação orientada a objetos, e o desenvolvimento do projeto foi conduzido de acordo com a metodologia ágil. O software vem sendo entregue conforme as demandas da pesquisa. Assim, o lançamento inicial consistiu no teste de Stroop na versão original e Victoria, seguido de diversas variações sobre a categoria e a apresentação dos estímulos. Da mesma forma, prosseguiu o teste de tempo de reação, o módulo de teste de escolha e preferência e o seguinte referente ao teste de reconhecimento espacial. A maioria já produziu dados como resultado de projetos de pesquisa na área de Neurociência e Comportamento. Essa plataforma foi estabelecida como uma aplicação desktop de código aberto, largamente utilizada em pesquisas no Laboratório de Neurociência e Comportamento do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília e distribuída de forma livre em um repositório público.

PALAVRAS-CHAVE

Práticas Ágeis, GitHub, Avaliação Neuropsicológica

1. INTRODUÇÃO

Os testes neuropsicológicos são tarefas elaboradas para investigar processos cognitivos, como atenção, memória, linguagem, associados a avaliação de uma estrutura cerebral específica, estabelecendo-se como instrumentos úteis na pesquisa e na neuropsicologia clínica (Seidman, 1998, Zucchella et al., 2018). Escalas comportamentais, categorização, abstração, testes de fluência, testes neuropsicológicos observacionais e testes de raciocínio e aprendizado são frequentemente usados como ferramentas para apoiar o estudo de processos cognitivos frequentemente adotados em ensaios clínicos e procedimentos de pesquisa sobre comportamento, emoções e personalidade que relacionam esses aspectos ao funcionamento cérebro (Harvey, 2012, Ritsner et al., 2006). Os testes neuropsicológicos computadorizados permitem o uso de um paradigma de teste com variações de protocolos, padronizando as condições de apresentação de estímulos e a sua replicação em diversos sujeitos (Duchesne e Mattos, 1997, Charchat et al., 2001). Além disso, permitem uma aplicação com maior precisão no tempo de exposição dos estímulos e intervalos de apresentação, auxiliam no registro das respostas fornecendo para pesquisadores dados para análises quantitativas e qualitativas e possibilitam maior rigor no controle das condições de avaliação, provendo maior confiabilidade psicométrica (Ritsner et al., 2006, Capovilla, 2006, Schatz e Brown dyke, 2002).

O projeto e o desenvolvimento da TestPlatform começaram em 2015 no contexto do Programa de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. A motivação inicial para este projeto foi a limitação dos sistemas acessíveis no Laboratório de Neurociência e Comportamento da Universidade de Brasília (UnB). Os pesquisadores eram submetidos a projetar seus estudos com base nas características dos sistemas coexistentes para realização de experimentos com envolvimento de avaliação neuropsicológica. O principal objetivo da TestPlatform é automação da bateria de testes neuropsicológicos aplicados na avaliação de funções executivas, deixando-os flexíveis e parametrizáveis de acordo com as intenções dos experimentos.

As funções executivas (FE) envolvem um conjunto de habilidades cognitivas importantes para a vida cotidiana das pessoas, dependentes da integridade do córtex pré-frontal, a parte anterior do cérebro (Otero e Barker, 2014, DeSouza et al., 2012). As FE compreendem processos de tomada de decisão, motivação, planejamento mental, comportamento na execução de um plano estabelecido e julgamento sobre esse desempenho. O desempenho das FE pode ser verificado a partir de diferentes domínios cognitivos guiados pela atenção, como memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva, o que exige testes que se referem ao controle cognitivo de como detectar uma mudança de expectativa, interromper uma resposta, alternar uma resposta, inibir respostas competitivas, detectar conflitos, regular respostas via alerta ou alocação de esforço e manter um objetivo em um período de tempo (Diamond, 2013).

A bateria de testes neuropsicológicos de avaliação de funções executivas é baseada principalmente em paradigmas validados em sua versão clássica. Na plataforma, a bateria está preparada para possibilitar ilimitadas variações de protocolos e adaptações do modelo de referência. Os testes primários contemplados em projeto na plataforma e concebidos de acordo com os requisitos determinados no objetivo do estudo são: o teste de Stroop, baseado no teste clássico de palavras coloridas (ST), para avaliar o controle inibitório, a flexibilidade cognitiva e a memória de trabalho; o teste de tempo de reação (TR), para avaliar o controle inibitório e a flexibilidade cognitiva principalmente; testes de escolha de acordo com o modelo com atraso (DMTS) ou diferente de modelo (DNMTS), para avaliar a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva principalmente; e tarefa de reconhecimento espacial com atraso (TREA), para avaliar memória operacional visuo-espacial.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de desenvolvimento de software adotado é baseado no Manifesto Ágil que tem uma dinâmica iterativa e incremental. Os artefatos são gerados regularmente, agregando valor ao produto final e às partes interessadas. Um pesquisador sênior de neurociência desempenha o papel de proprietário do produto (PO), além de fornecer e explicar os requisitos para a equipe de projeto e desenvolvimento, composta por estudantes de engenharia de software. Os pesquisadores de laboratório são os principais demandantes e os principais usuários finais.

A gestão do processo vem sendo cumprida através da ferramenta de projeto GitHub, que registra o fluxo de trabalho dos recursos e tarefas do sistema, ver Figura 1. Os requisitos de software são listados em recursos e tarefas. O método Kanban é utilizado para o gerenciamento de tarefas de desenvolvimento, o que auxilia na documentação dos requisitos (Mariotti, 2012). A priorização de requisitos, a proposta e aprovação de mudanças no projeto são realizadas em reuniões regulares, permitindo a adaptação do sistema às necessidades observadas por diversas partes interessadas, seja cliente, desenvolvedor ou usuário do sistema.

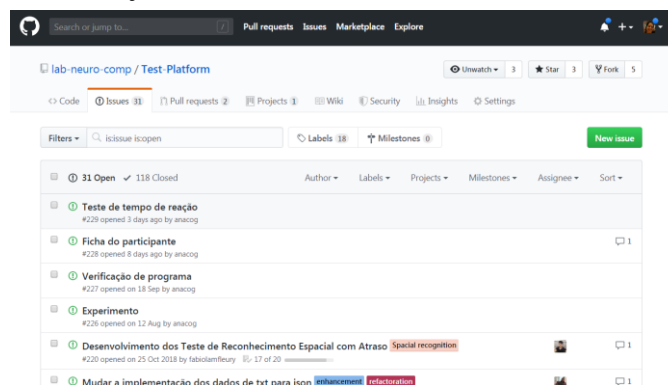


Figura 1. Exemplo de uso do GitHub como ferramenta de gestão no lançamento de pendências

A plataforma foi estabelecida baseada em diretrizes de projeto que devem ser cumpridos durante todo o desenvolvimento. A arquitetura da tecnologia deve ser flexível e portátil para atender as necessidades da área aplicada e perfil dos usuários, garantindo um arquivo executável capaz de ser executado a partir de qualquer periférico gravável sem instalações extras. O cerne da plataforma, que é a execução dos testes, deve estar livre de conexão à Internet, em favor da qualidade dos dados fornecidos e da portabilidade. O software deve estar disponível de acordo com as entregas relacionadas ao usuário, quantas vezes eles solicitarem, não apenas a partir de um módulo completo. A preocupação com a portabilidade da plataforma é que as avaliações possam ser feitas em uma ampla diversidade de ambientes, como escolas, clínicas, hospitais e laboratórios. Para atender os requisitos fundamentais da arquitetura e projeto, esta aplicação é codificada em C# usando o Visual Studio, respeitando a programação orientada a objetos. O projeto original da TestPlatform mantinha o foco em aspectos de estímulos, coleta de respostas e estruturas de dados, para que pudesse ser implementado em uma arquitetura viável.

Cada um dos testes mencionados como núcleo da bateria apresenta algumas particularidades, em consideração aos respectivos paradigmas de estudo. Para implementação na plataforma, eles foram ordenados a partir dos que possuíam características mais simples em sua versão básica. O ST insere um elemento de conflito entre os estímulos da tentativa que são apresentados na tela e o indivíduo deve inibir uma resposta em favor de outra de acordo com a instrução, nesse caso, espera-se uma resposta verbal. O TR apresenta um elemento visual em posição aleatória na tela, com um intervalo pré-definido que pode ser fixo ou variável, e solicita-se ao sujeito que reaja pressionando uma tecla. O DMTS/DNMTS, em cada tentativa, apresenta um elemento como modelo e, após um tempo que é denominado atraso, reapresenta o modelo e outro estímulo distrator, o indivíduo deve escolher na tela o elemento igual ao modelo, no caso do DMTS, ou o diferente do modelo, para o DNMTS. Finalmente, o TREA dispõe os elementos em diferentes posições na tela gradativamente em uma tentativa e o indivíduo deve identificar a última posição ocupada.

A modelagem da estrutura conceitual da plataforma partiu de características comuns aos testes que formaram a sustentação de classes para todos os paradigmas a serem desenvolvidos. O protocolo delineado com as definições do estudo é denominado programa, o qual mantém a configuração planejada. Os testes têm a execução baseada na apresentação de estímulos ao qual deve ser controlada a precisão no tempo de exposição, de intervalos e o instante exato de exibição, da mesma forma a categoria e a ordem do estímulo escolhido. Toda execução do teste deve ter um registro de saída com todos os dados definidos no programa do teste, assim como, para os testes que exigem resposta via teclado ou tela, o registro preciso do tempo e do tipo de resposta. As saídas são geradas em planilhas para serem manipuladas pelo usuário. O programa pode ser parametrizado em termos de tamanho, tipo e formato dos estímulos, ordem de apresentação dos estímulos, tempo de exposição e intervalo entre as apresentações dos estímulos, detecção de respostas e tipo de resposta - correção, erro e omissão, além das específicas de cada teste. Além disso, sons de aviso para respostas, exibição ou não do ponto de fixação personalizada em cores e formatos, captura de áudio para análises posteriores das respostas verbais e, um recurso específico para integração com equipamentos de registro de sinais biológicos, que é um marcador no sinal digital referente ao instante da apresentação do estímulo. A plataforma permite a organização de um experimento, combinando diferentes testes ou estágios para executar em uma sessão, configurando o intervalo entre eles. Muitas possibilidades de fornecer maior controle sobre o protocolo administrado, bem como a possibilidade de usar variações do protocolo, mantendo o controle e a qualidade do teste em diferentes contextos.

O projeto é mantido em um repositório do GitHub do Laboratório de Neurociência e Comportamento distribuído em termos livre e aberto, junto com o fluxo de gestão de projeto. Neste repositório está definido o licenciamento e as possibilidades de colaboração, assim como algumas informações de uso da plataforma.

3. RESULTADOS

Uma versão inicial limitada da TestPlatform foi feita no início de 2016, trazendo o ST na forma original (Stroop, 1935) e Victoria (Regard, 1981). Essas versões induzem um conflito de resposta porque apresentam palavras coloridas escritas com uma cor diferente, por exemplo a palavra verde escrita em vermelho, na qual o participante é instruído a falar em voz alta a cor da tinta, por exemplo, vermelho, não a palavra escrita. Este teste avalia o comportamento diante de um conflito semântico. Para implementação, foram utilizadas listas de palavras e listas de cores, que poderiam ser combinadas aleatoriamente, gerando palavras escritas com a cor

diferente da tinta, ou combinadas de forma programada, seguindo a ordem das listas, o modo de execução é definido no programa. Esse primeiro uso do software ocorreu em um estudo de treinamento cognitivo em idosos (Varela et al., 2016). A evolução desse teste inclui legenda nos estímulos, mesmo com palavras como implementado por West e Alain (2000). Assim, mantendo o paradigma inicial, outros pesquisadores propuseram variações do teste usando palavras diferentes das cores (Canabarro et al., 2017), imagens com legendas que apresentavam conflitos emocionais (Sarmiento et al., 2016), originando a versão do Treface, e a imagem com áudio (Garcia et al., 2016), originando a versão do Trefi.

Observando essas diversas possibilidades que podem ser trabalhadas e o contexto das pesquisas realizadas no Laboratório de Neurociência e Comportamento da Universidade de Brasília (UnB), a implementação do Stroop evoluiu considerando variações do tipo de estímulo, bem como a combinação de diferentes programas em um protocolo. O teste possui seis tipos de arranjos de estímulos: (1) palavra, versão clássica e variações de palavras e cores; (2) imagem, conflito tratado no conteúdo da imagem ou em conjunto com legendas; (3) imagem e palavra, apresentação pareada de dois estímulos intercalados por um atraso; (4) palavra e imagem, ainda mais cedo, revertendo a sequência dos estímulos na tentativa; (5) palavra com áudio, apresentação simultânea de palavra e áudio; e (6) imagem com áudio, apresentação simultânea de imagem e áudio. A maioria deles foi criada para apoiar experimentos de pesquisa de projetos de mestrado e doutorado. Na Figura 2, existem dois exemplos de teste stroop usando imagens e podem gravar a resposta de áudio dos sujeitos.

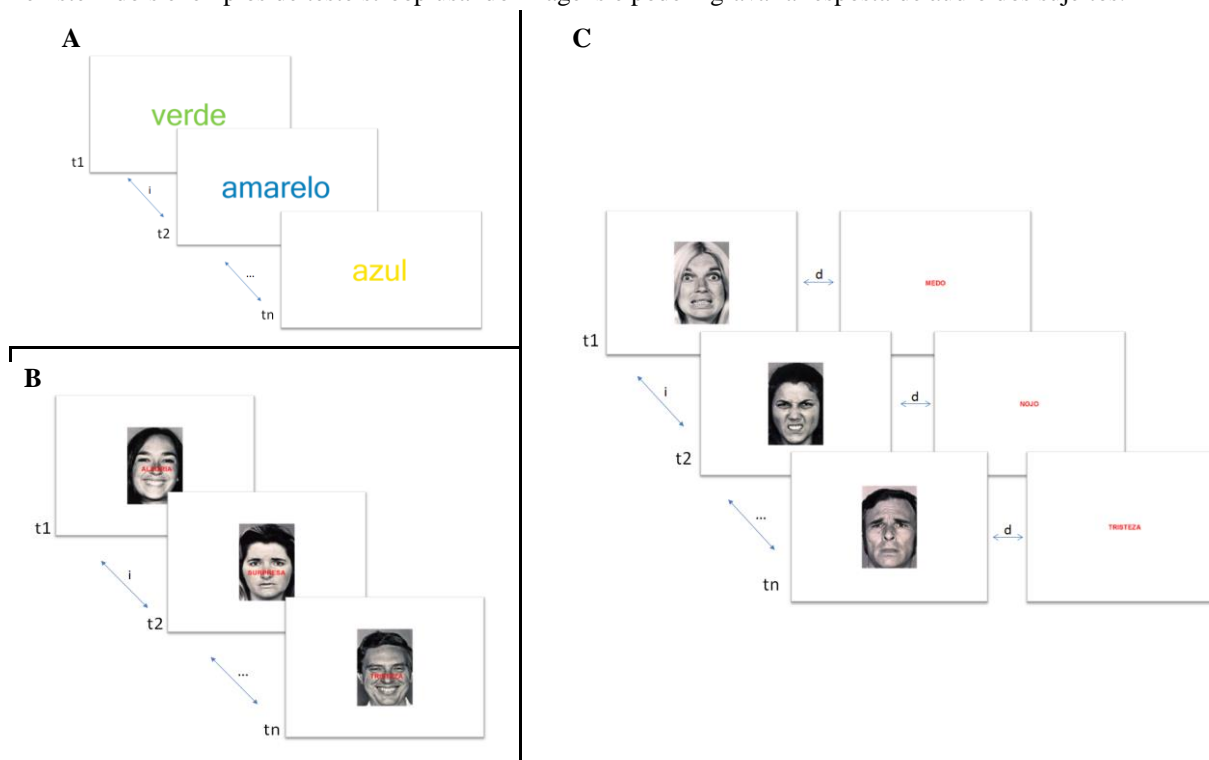


Figura 2. Exemplos de execução do teste Stroop (t = tentativa; i = intervalo; d = atraso): A. Teste de clássico das palavras coloridas, tipo palavra; B. Treface, tipo imagem com legenda central; C. Treface, tipo imagem com palavra (intercalados com atraso)

O próximo teste desenvolvido foi o TR. O paradigma do tempo de reação foi proposto por Hyman (Hyman, 1953) e avalia a relação entre resposta motora impulsiva e manipulação do tempo. Neste teste, o indivíduo é instruído a pressionar a "barra de espaço" assim que visualizar um estímulo específico na tela do computador que aparecerá em diferentes posições aleatoriamente. O tempo entre a apresentação do estímulo e a detecção da resposta pelo pressionamento da barra será considerado como tempo de reação. A evolução do teste considera uma diversidade de estímulos, além das formas geométricas, como palavras, imagens e áudio com palavra ou imagem, veja a Figura 3, assim como foi incluído o paradigma de tempo de reação com sinal de parada (Logan, 1994), em que o indivíduo é instruído a reagir apenas quando o áudio, o sinal, não for exibido.

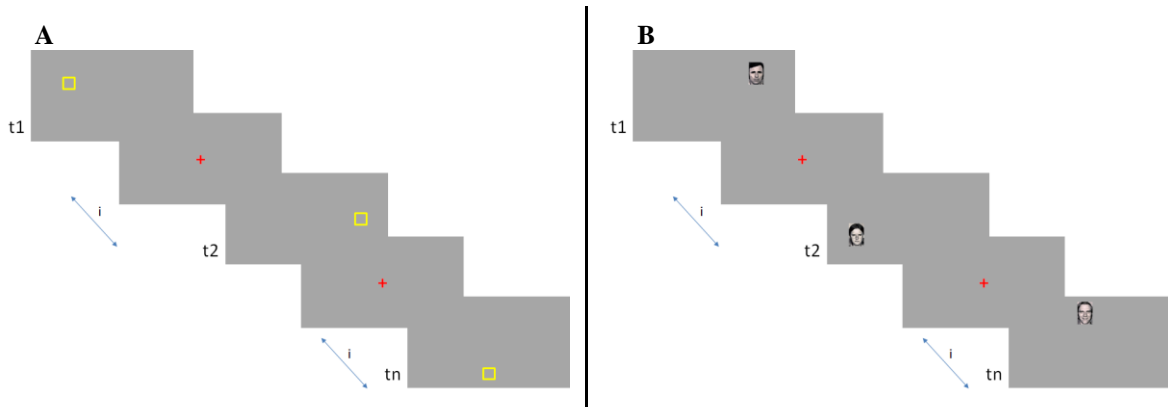


Figura 3. Exemplos de execução do teste de tempo de reação (t = teste; i = intervalo): A. forma geométrica de estímulo; B. estímulo de imagem

O TR foi utilizado em um projeto para avaliar o desempenho de jovens estudantes sob efeito de uma neuromodulação com Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC), utilizando a versão com imagens emocionais (Bernardes et al., 2018).

O seguinte teste a ser concebido na plataforma foi o DMTS/DNMTS baseado no paradigma de escolha de acordo com (ou diferente de) o modelo com atraso (Wright et al., 1986). O procedimento original consiste na apresentação de um estímulo visual na tela, o modelo, seguido de um atraso com uma tela limpa e finalizada pela apresentação de dois estímulos: o modelo e um novo. É avaliada a capacidade de reconhecer o modelo previamente apresentado, obedecendo a regra para a resposta com a escolha ou não do elemento na tela. Na plataforma, esse teste é exposto como teste de escolha, com a opção de execução com ou sem atraso para seleção da resposta. Esta versão sem atraso permite o teste de escolha de acordo com alguns critérios, como preferência, recordação e associação. Além disso, o número de estímulos para correspondência pode ser estendido além do par de estímulos, ver Figura 4.

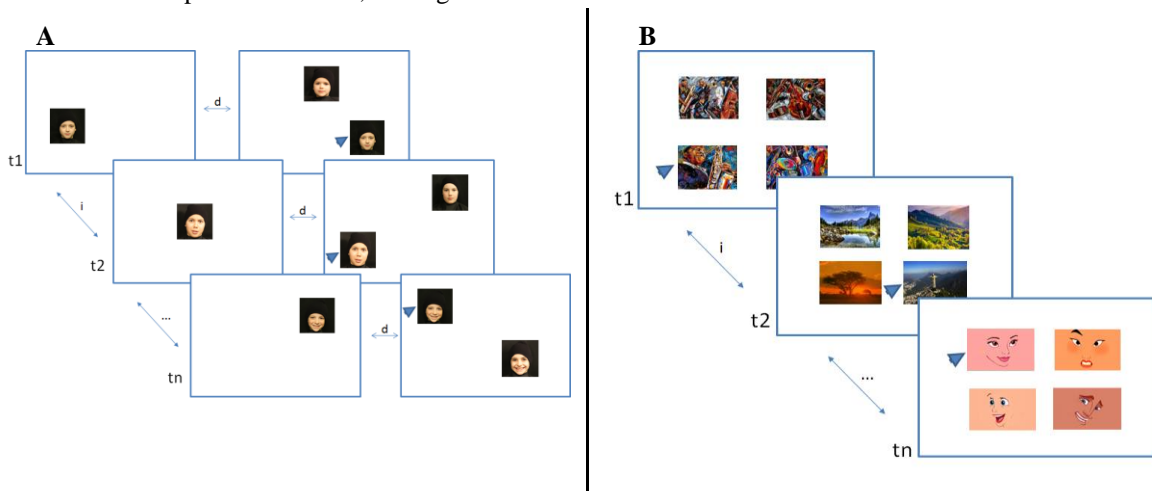


Figura 4. Exemplos de execução do teste de escolha (t = tentativa; i = intervalo; d = atraso) com indicação da possível escolha: A. escolha de acordo com o modelo com atraso, DMTS; B. teste de escolha com 4 elementos sem atraso

O último bloco de testes previsto no projeto trata da tarefa de reconhecimento espacial com atraso, TREA, baseada no paradigma de Lacreuse e cols. (2005). A tarefa consiste na apresentação de estímulos visuais em uma série de posições aleatórias na tela, o participante deve indicar a última posição preenchida. Na plataforma, além da variedade na categoria do estímulo já praticada nos testes anteriores, foi incluída uma versão sequenciada na qual os participantes devem selecionar todos os elementos na ordem em que foram apresentados na tentativa. Uma tentativa possui tantos passos quanto o número de elementos escolhidos para aparecer; quando ocorre uma seleção incorreta, a tentativa é interrompida e é iniciada a próxima. A Figura 5 representa um teste completo de duas versões do TREA.

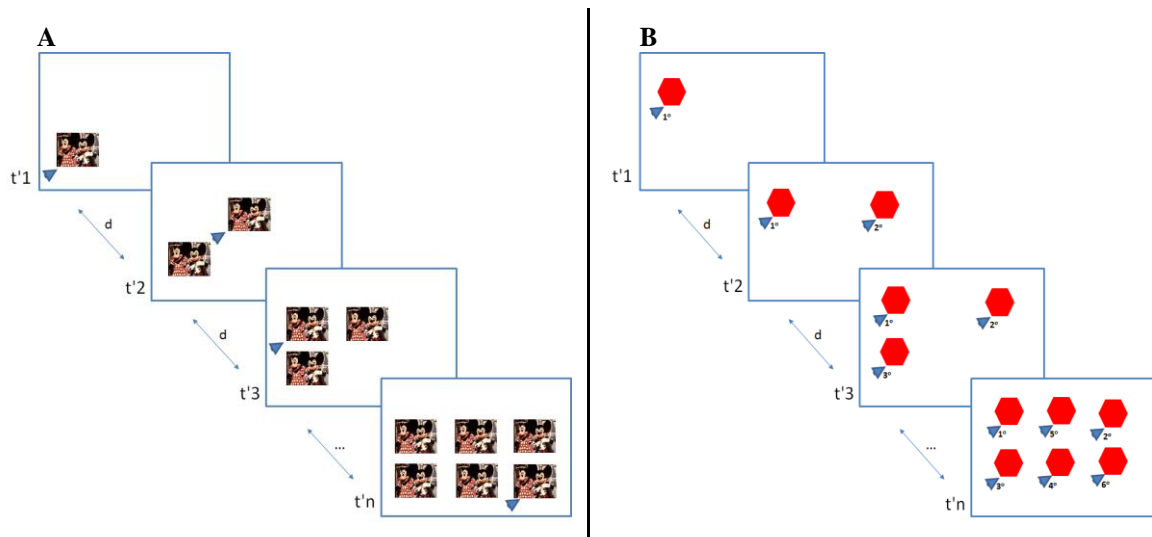


Figura 5. Exemplos de execução do TREA (t' = passo dentro do teste; i = intervalo; d = atraso) com indicação da seleção: A. a tarefa de reconhecimento espacial com o mesmo estímulo visual; B. a tarefa de reconhecimento espacial para seleção sequenciada

A maioria dos projetos do Laboratório combina paradigmas diferentes para compor um protocolo de pesquisa. Para dar suporte a esses problemas, foi fornecida a funcionalidade de criar um experimento, que permite a execução de diferentes programas de teste em sequência, ou em ordem aleatória, com instruções específicas e intervalos estabelecidos entre eles. A plataforma registra em formato de tabela todos os dados gerados pela execução dos testes, com detalhes de cada tentativa, bem como do experimento, e é possível manipulá-los em planilhas e pacotes estatísticos compatíveis.

A plataforma também permite coletar informações clínicas e demográficas dos participantes para triagem e análise futuras de seu estado no momento do teste, prática comum em protocolos de pesquisa. Todos os protocolos criados na plataforma podem ser importados e exportados para serem usados em outros computadores, formando, também, um catálogo de estudos.

A TestPlatform permanece em desenvolvimento contínuo, de acordo com as sugestões e necessidades do laboratório e dos usuários. A plataforma é distribuída nas versões em inglês (en-US) e em português (pt-BR) e é aberto a outros idiomas, adicionando texto de tradução no item Globalização no repositório do GitHub.

4. CONCLUSÃO

A TestPlatform é uma plataforma de testes computadorizados para avaliação cognitiva na área de neurociências e comportamento. Tem como fundamento fornecer uma ampla bateria de testes para avaliar funções executivas em pesquisas do Laboratório de Neurociências e Comportamento do Instituto de Ciências Biológicas da UnB, permitindo diversas adaptações dentro de cada paradigma. Como a aplicação já vem sendo utilizada por pesquisadores do laboratório, tem sido possível realizar um desenvolvimento orientado às necessidades dos usuários e validação contínua, mantendo a equipe integrada e multidisciplinar, com a participação dos pesquisadores do laboratório, como fornecedores de requisitos e necessidades de melhoria. As atualizações têm sido predominantes em termos de novas funcionalidades para atender soluções que estão sendo avaliadas ou implementar ideias para futuros estudos, posto que todo programa de teste deve ser parametrizável em todos os detalhes requeridos. Desta forma, a admissão da plataforma permitiu uma versatilidade no desenho experimental, uma vez que o pesquisador não se limita mais aos recursos da ferramenta disponível, o que viabiliza a diversificação dos estudos e mantém um grande inventário de opções de arranjos nos testes. A TestPlatform pretende favorecer pesquisas e avaliações clínicas executando testes, simplificando-os e fornecendo dados confiáveis e precisos, permitindo que os pesquisadores direcionem sua atenção para análise dos resultados.

REFERÊNCIAS

- Bernardes, T. S., Tavares, M. C. H., Garcia, A., SILVA, C. R., Fleury, F. M., Brasil Neto, J. P., 2018. Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) Pré-frontal e Tempo de Reação: Um Estudo Piloto. *X Simpósio Internacional de Neuromodulação*, São Paulo, Brasil.
- Canabarro, S. L. S., Garcia, A., Satler, C., Tavares, M. C. H., 2017. Interaction between Neural and Cardiac Systems during the Execution of the Stroop Task by Young Adults: Electroencephalographic Activity and Heart Rate Variability. *AIMS Neuroscience*, 4(1): 28-51. doi: 10.3934/Neuroscience.2017.1.28.
- Capovilla, A., 2006. Desenvolvimento e validação de instrumentos neuropsicológicos para avaliar funções executivas. *Avaliação Psicológica*, 5(2), 239-241.
- Charchat, H., Nitrini, R., Caramelli, P., Sameshima, K., 2001. Investigação de Marcadores Clínicos dos Estágios Iniciais da Doença de Alzheimer com Testes Neuropsicológicos Computadorizados. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14(2), 305-316.
- DeSouza, J. F.X., Shima, O., Pynn, L. K., 2012. Correlating behavioral responses to fMRI signals from human prefrontal cortex: Examining cognitive processes using task analysis. *Journal of visualized experiments: JoVE* 64. Jun 20;(64). pii: 3237. doi: 10.3791/3237.
- Diamond, A., 2013. Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168.
- Duchesne, M., Mattos, P., 1997. Normatização de um teste computadorizado de atenção visual. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 55(1), 62-9.
- Garcia, A., Medeiros, W., Garrido, L. M. M., Tomaz, C. A. B., Tavares, M. C. H., 2016. Uma proposta para Avaliação da Memória Emocional com um Teste de Reconhecimento Espacial com Atraso em Crianças com Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade. *XV Congresso Brasileiro da SBNp*, Brasília, Brasil.
- Harvey P. D. (2012) Clinical applications of neuropsychological assessment. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 14, 91–99.
- Hyman, R. (1953) Stimulus information as a determinant of reaction time. *Journal of experimental psychology*, 45(3), 188.
- Lacreuse A, Kim C. B., Rosene D. L., Killiany R. J., Moss M. B., Moore T. L., Chennareddi L., Herndon J. G. (2005) Sex, age and training modulate spatial memory in the rhesus monkey (*Macaca mulatta*). *Behavioral Neuroscience*, 119(1), 118–26.
- Logan, G.D. (1994). On the ability to inhibit thought and action: A users' guide to the stop signal paradigm. In D. Dagenbach & T.H. Carr (Eds), *Inhibitory processes in attention, memory, and language*. Academic Press (pp. 189-239). San Diego, USA.
- Mariotti, F. S., 2012. Kanban: o ágil adaptativo. *Engenharia de Software Magazine*, 45(4),6-10.
- Otero, T., Barker, L., 2014. The Frontal Lobes and Executive Functioning. In S. Goldstein & J. A. Naglieri (Eds.). *Handbook of executive functioning*. Springer (pp. 29–44). New York, USA.
- Regard M., 1981. Cognitive rigidity and flexibility: A neuropsychological study. *Unpublished doctoral dissertation*, University of Victoria, Victoria, Canadá.
- Ritsner, M. S., Blumenkrantz, H., Dubinsky, T., & Dwoletzky, T., 2006. The detection of neurocognitive decline in schizophrenia using the Mindstreams. *Schizophrenia Research*, 82(1), 39-49.
- Sarmiento, E. L. P., Satler, C., Tomaz, C., 2016. Avaliação da memória operacional no Teste de Stroop de Expressões Faciais com conflito emocional (TREFACE). *XV Congresso Brasileiro da SBNp*, Brasília, Brasil.
- Schatz, P., Browndyke, J., 2002. Applications of computer-based neuropsychological assessment. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 17(5), 395-410.
- Seidman, L. J., 1998. Neuropsychological testing. *Harvard Mental Health Letter*, 14 (11), 4-6.
- Stroop, J. R., 1935. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643.
- Varela, M., Faria, E., Rabelo, G., Mendes, K., Levino, L., Garcia, A., Tavares, M. C. H., Satler, C., 2016. Avaliação de diferentes processos inibitórios em uma amostra de idosos saudáveis. . *XV Congresso Brasileiro da SBNp*, Brasília, Brasil
- West, R., Alain, C., 2000. Effects of task context and fluctuations of attention on neural activity supporting performance of the Stroop task. *Brain Research*, 873(1), 102-111.
- Wright, A. A., Urciuoli, P., & Sands, S. F., 1986. Proactive interference in animal memory. In D. F. Kendrick, M. E. Rilling, & M. R. Denny (Eds.), *Theories of animal memory*. Erlbaum (pp. 101-125). Hillsdale, USA.
- Zucchella, C., Federico, A., Martini, A., Tinazzi, M., Bartolo, M., Tamburin, S., 2018. Neuropsychological testing. *Practical Neurology*, 18:227-237.

ARQUITETURA DE REDUNDÂNCIA DE GATEWAYS IOT EM REDES ZIGBEE

Paulo T. G. Mascarenhas, Francisco Lopes de Caldas Filho, Cássio F. C. Ribeiro,
Lucas M. C. e Martins, Pedro H. L. da Costa e Rafael Timóteo de Sousa Júnior

Laboratório LATITUDE, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília (UnB), Brasília-DF, Brasil

RESUMO

Sistemas de Internet das Coisas (IoT) estão em crescente desenvolvimento nos últimos anos. Exemplos de IoT podem ser vistos em todos os ramos da tecnologia como industrial, militar e de monitoramento climático. Mesmo que o mercado esteja cheio de soluções na área, o problema do ponto único de falha ainda persiste em dispositivos responsáveis pela interconexão de redes distintas como *gateways* IoT. Possíveis soluções na área propõem redundância de *gateway* IoT, ao se trabalhar com protocolos como o Virtual Routing Redundancy Protocol (VRRP), o que leva à criação de uma redundância na camada de rede do sistema, para prover mais estabilidade e disponibilidade. Porém, a criação de Redes de Sensores sem Fio (RSSF) redundantes também é necessária pois estas estão diretamente conectadas aos *gateways* IoT. Esse trabalho propõe uma solução para garantir redundância de *gateway* para uma rede ZigBee em um sistema IoT, também fazendo o uso do protocolo VRRP para redundância de IP.

PALAVRAS-CHAVE

IoT, IoT Gateway, Redundância, ZigBee, VRRP

1. INTRODUÇÃO

Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) são conjuntos de dispositivos que contém mecanismos capazes de adquirir e repassar dados relativos aos ambientes que as comportam, por meio de um protocolo de comunicação (Akyildiz *et al.*, 2002). Para a implementação de diversos protocolos é interessante se utilizar uma topologia bem definida e que possibilite a conexão de todos os nós com uma entidade central, conhecida como *gateway* da rede. As RSSF têm papel importante para viabilização de tecnologias e conceitos mais modernos como o de Internet das Coisas (IoT) (Gubbi *et al.*, 2013).

O ZigBee é um protocolo que pode ser usado em redes de sensores sem fio, com pequenos transmissores capazes de compreender o padrão IEEE 802.15.4. As RSSF ZigBee precisam de uma entidade central, chamada coordenador ou *gateway* ZigBee, que deve ser capaz de receber todos os dados e tomar decisões sobre a rede. Estes, podem também ser incluídos em projetos de IoT para que agreguem opções de protocolos ao sistema, como em Zhu *et al.* (2010).

Com um dispositivo funcional e capaz de comunicar-se com diferentes RSSF, é possível fazer a interconexão destas, além da comunicação com a internet (Akyildiz *et al.*, 2002). Tendo os recursos de diversas RSSF heterogêneas e a conexão com a rede mundial de computadores, este dispositivo pode se tornar um *gateway* IoT (Caldas Filho *et al.*, 2017b). Assim, comunicações entre objetos se tornam viáveis e aplicações podem usufruir com mais facilidade dos dados advindos de qualquer protocolo.

As interações entre protocolos diferentes possibilitam uma boa escalabilidade para sistemas IoT. É possível se ver comunicações que envolvem as tecnologias ZigBee e GPRS, em cidades inteligentes como a de Santander, na Espanha, onde milhares de dispositivos se comunicam gerando dados sobre o local como tráfego de veículos, disponibilidade de estacionamento e irrigação de jardins, estes dados podem ser utilizados por usuários finais através da internet (Sanchez *et al.* 2014).

As redes de comunicações precisam lidar com problemas como quedas em enlaces, que podem ser resolvidos modificando rotas ou utilizando arquiteturas do tipo *mesh*, para aumentar a escalabilidade e a disponibilidade de acesso (Clouqueur *et al.*, 2002). Contudo, ainda restam situações nas quais é possível ocorrerem problemas em pontos únicos de falha, como *gateways*. Uma resolução dessa questão é redundância

em *gateways* para redes IP, que é feita por meio da implementação de protocolos da classe *First Hop Redundancy Protocols* (FHRP). Um exemplo é o *Virtual Router Redundancy Protocol* (VRRP), que será utilizado neste trabalho e é comparado com diversos outros em Pavlik *et al.* (2014).

A utilização de um protocolo de FHRP para prover redundância de *gateway* IoT pode ser uma boa solução pois eliminaria problemas de comunicação com a nuvem. Entretanto, para protocolos que atuam em RSSF e exigem um nó central conectado ao *gateway* IoT, como o ZigBee, a alteração de *host* no qual o *gateway* ZigBee se encontra deixaria a rede inteira enviando pacotes para um dispositivo incapaz de repassá-los para um *gateway* IoT e consequentemente para a internet. Desta maneira, é importante propor algoritmos que possam fazer a redundância de *gateway* ZigBee para uma rede de sensores.

Este trabalho busca agregar funcionalidades ao *gateway* semântico proposto em Caldas Filho *et al.* (2017b). Nele é possível a comunicação em diferentes protocolos, por meio da tradução dos pacotes para uma ontologia que é aceita pelo *middleware* IoT. Outras funcionalidades deste *gateway* são o registro e autenticação de dispositivos, a possibilidade de utilização de recursos de dispositivos inteligentes ou de RSSF por usuários finais através do *middleware* e a tradução de protocolos como ZigBee para uma API REST. Aqui, serão adicionadas funcionalidades de redundância na camada 3 e para a RSSF ZigBee, por meio do VRRP e de um algoritmo proposto respectivamente.

A divisão deste artigo é feita da seguinte maneira: as seções 2 e 3 mostram conceitos e trabalhos relacionados, respectivamente, a seção 4 propõe a implementação do *gateway* ZigBee com redundância, a seção 5 descreve as simulações e os resultados experimentais obtidos com o *gateway* proposto, por fim, a seção 6 mostra as conclusões obtidas com a elaboração do *gateway*, bem como alguns trabalhos futuros.

2. CONCEITOS RELACIONADOS

2.1 Arquitetura IoT

Baseado no IEEE 802.15.4 e mantido pela ZigBee Alliance, o ZigBee é um protocolo de comunicação que busca conectar dispositivos com baixos recursos. Deste modo, é possível se fazer a comunicação entre nós de uma RSSF necessitando baixas taxas de processamento, pouca bateria e com uma boa escalabilidade. Por outro lado, o protocolo não conta com altas taxas de transmissão como as de outros protocolos também de comunicações sem fio e móveis.

A topologia do ZigBee pode variar e isso proporciona diversas implementações, como *mesh*, onde dispositivos finais mandam dados para os seus vizinhos, que os repassam até que o dado chegue no nó concentrador ou *gateway*, ou redes do tipo estrela, onde os dispositivos finais enviam os dados diretamente para o *gateway*. As três principais classes de dispositivo que compõem a rede são dispositivos finais, roteadores e coordenadores, que atuam como *gateways* das redes ZigBee. Toda rede deve conter apenas 1 coordenador que atuará fazendo a interconexão da RSSF ZigBee, definindo parâmetros importantes para a mesma, como canal de frequência utilizado e o Personal Area Network Identifier (PAN ID), que diferencia as redes ZigBee. Os roteadores e dispositivos finais podem existir ou não, a diferença entre eles é que roteadores podem se conectar à um ou mais nós ZigBee, enquanto os dispositivos finais estão sempre nas extremidades da rede.

2.2 ZigBee

IoT compreende a interconexão entre aplicações, ambientes e dispositivos pela Internet. Conforme destaca Caldas Filho *et al.* (2017a), a sua arquitetura contém comumente objetos, *gateways* e *middleware*. Uma rede IoT tende a manipular um grande volume de dados, sendo assim o *middleware* e as aplicações são softwares comumente projetados para fazerem proveito da arquitetura em nuvem (Martins *et al.*, 2017).

Os dispositivos possuem o papel de sentir (sensores) e/ou agir (atuadores) sobre o mundo físico como define Ashton *et al.* (2009) em seu seminal trabalho sobre IoT. Eles podem ser dispositivos com elevado poder de processamento e armazenamento, como *smartphones*, ou dispositivos com poucos recursos de conectividade, energia, armazenamento e processamento. Os *gateways* IoT surgiram como os componentes responsáveis por satisfazer a necessidade de interconexão de dispositivos heterogêneos e limitados com o *middleware* hospedado em nuvem. Nesse sentido, suas principais atribuições são: 1) traduzir a tecnologia e o protocolo de comunicação dos dispositivos para o *middleware* e 2) indicar a localização do *middleware* para os dispositivos. Da mesma

forma, o *gateway* IoT pode também fazer a conexão entre RSSF com *middleware* IoT, permitindo que os serviços providos por estas redes façam parte da rede IoT.

Outra arquitetura comum também é feita por meio da computação em neblina, que pode resolver problemas de latência devido ao envio de dados para processamento em máquinas distantes, pertencentes à nuvem (Yannuzzi *et al.*, 2014).

3. TRABALHOS RELACIONADOS

Gateways IoT são foco de muita pesquisa e desenvolvimento por se tratar de uma entidade muito importante na interligação de sistemas heterogêneos. Desse modo, algumas soluções já foram propostas e comparadas à nível teórico e prático. Aqui serão mostrados alguns exemplos de trabalhos relacionados à *gateway* IoT, redundância de *gateway* IoT e RSSF ZigBee.

Em Caldas Filho *et al.* (2017b), é proposta uma arquitetura de *gateway* IoT semântico capaz de se comunicar com os protocolos ZigBee, MQTT, TCP e UDP. A comunicação ocorre por meio de uma padronização que deve ser seguida na troca de mensagens entre os dispositivos e o *gateway* além das que ocorrem entre *gateway* e *middleware*. O trabalho define muito bem como deve ser o funcionamento interno ao *gateway*, porém ainda pode ser melhorado com o uso de redundância, tanto para o protocolo IP quanto para de sensores ZigBee que se comunica com o *gateway*.

Em Scazzoli *et al.* (2017), os autores propõem uma implementação de um *gateway* de RSSF ZigBee e IEEE 802.11. O artigo cria um algoritmo que aumenta a disponibilidade de sistemas e obteve com isso ótimos resultados, porém o foco é em sistemas aviônicos e não na disponibilidade de uma RSSF para melhorar a experiência de usuários de um *middleware* IoT. Para poder prover a redundância na rede ZigBee, os autores contaram com um método desenvolvido e mostrado em Scazzoli *et al.* (2017). O algoritmo proposto implica a mudança do *Personal Area Network Identifier* (PAN ID), nos dispositivos pertencentes à rede após a falha de um coordenador. Essa solução se sai melhor do que a solução de reiniciar o dispositivo, contudo em alguns casos o mesmo PAN ID deve ser mantido para possibilitar a autenticidade em sistemas IoT. Uma sugestão de melhoria para este algoritmo é propor que o coordenador ZigBee não mude apenas devido às falhas na RSSF, mas com base em gatilhos advindos de protocolos FHRP, como o VRRP, que será utilizado no desenvolvimento do algoritmo deste artigo.

O trabalho de Ferreira *et al.* (2014) mostra como uma rede ZigBee pode ser utilizada como apoio a uma rede IP, para prover mais benefícios para usuários finais. Seu foco principal está na arquitetura de um *middleware* capaz de facilitar o contato entre pessoas e objetos inteligentes, a implementação da RSSF ZigBee é feita com a utilização de *mesh*, o que já provê uma maior disponibilidade de acesso aos dispositivos. No entanto, o trabalho não visa e não comenta como seria projetada uma solução para quando um dispositivo coordenador da rede ZigBee sofre algum problema.

Outro trabalho com aplicações de redundância de rede aplicado a redes IoT foi feito e apresentado em Ribeiro *et al.* (2018), onde é elaborada uma solução utilizando um protocolo FHRP para prover redundância no ponto de vista de IP à um *gateway* IoT. Para isso é feito o uso do IP virtual, fornecido pelo VRRP, assim como será feito aqui. O trabalho implementa uma ótima solução para o aumento da disponibilidade em um *gateway* IoT, porém fica limitado a dispositivos que se comunicam via protocolo IP. Desta maneira ainda resta aumentar essa disponibilidade para outras redes de sensores que podem estar associadas ao *gateway*, como RSSF ZigBee. Essa inclusive é uma proposta de trabalho futuro feita pelos autores.

4. REDE ZIGBEE COM REDUNDÂNCIA DE GATEWAY

Descreve-se nesta seção a proposta de aplicação de técnicas de redundância a um *gateway* ZigBee com o objetivo de aumentar a disponibilidade da RSSF. Para a implementação da solução proposta, expandiu-se o *Gateway Semântico UIoT*, também chamado *Gateway UIoT*, proposto em Caldas Filho *et al.* (2017b).

O *Gateway UIoT* já possuía a capacidade de interagir com dispositivos ZigBee, pelo seu componente ZigBee Handler, bem como com dispositivos nas tecnologias MQTT, Socket TCP e Socket UDP (Caldas Filho *et al.*, 2017b). Para a rede ZigBee, o *Gateway UIoT* atua como seu em conjunto com um dispositivo configurado como coordenado, de forma que todos os seus dispositivos da RSSF enviam os dados das suas medições para

o *gateway* que, por sua vez, os envia ao *middleware*.

Nesse cenário, qualquer falha que ocorra com o *gateway* IoT, seus meios de comunicação ou até mesmo no ZigBee Handler pode provocar a indisponibilidade e a perda dos dados enviados pelos dispositivos ZigBee. Assim como em Ribeiro *et al.* (2018), este trabalho propõe a inclusão de um segundo *gateway* IoT para atuar como *backup* do *gateway* ativo e, caso alguma inoperância seja detectada, assumir o papel de *gateway* ativo. Porém, além dessa redundância para protocolos baseados em IP, este trabalho propõe que o *gateway* passivo seja capaz de atuar como coordenador da rede ZigBee caso o *gateway* ativo falhe.

Para prover a redundância nos protocolos e tecnologias que utilizam IP, configura-se dois *gateways* IoT em dispositivos separados dentro da mesma rede. Ambos os *gateways* possuem seu próprio endereço IP, mas também são capazes de responder por um endereço IP virtual dado pelo VRRP, protocolo capaz de fazer a gerência das interfaces de rede em dispositivos que atuam como *gateway*, gerando um IP virtual e movê-lo entre os aparelhos que suportam seu uso. Para a utilização do VRRP em dispositivos Linux, pode ser feita a aquisição do pacote *keepalived*, que permite uma fácil implementação do protocolo, podendo fazer uma troca simples e rápida do IP virtual em diferentes máquinas que possuem o software instalado, elencar até diversas máquinas com diferentes prioridades para obtenção do IP virtual (RFC 5798, 2019).

Para prover a redundância para os dispositivos ZigBee pertencentes a RSSF, não há suporte nativo ou ferramenta que faça a reconfiguração automática de um novo coordenador, caso ele se torne indisponível. Assim, foi desenvolvido um algoritmo que realiza a troca de coordenador baseado em um gatilho vindo do VRRP. Além deste, também se faz necessário um algoritmo para que os nós ligados ao coordenador possam se conectar a um novo *gateway* no caso de troca e assim redirecionar seus pacotes ao destino correto.

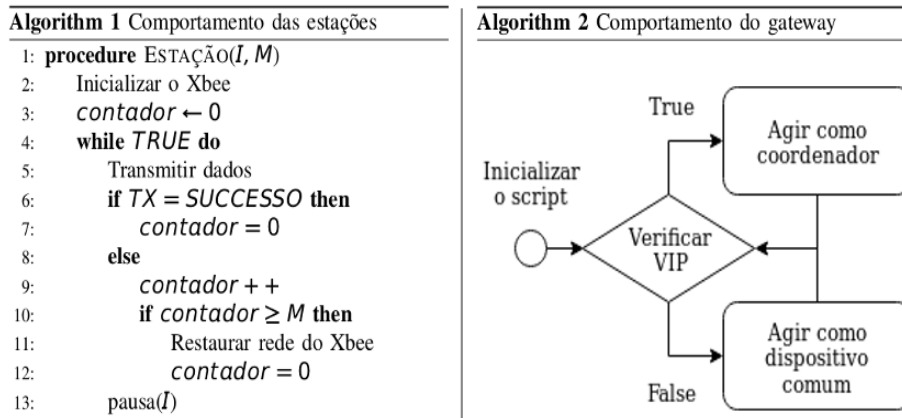


Figura 1. Algoritmos propostos para a realização da redundância proposta

4.1 Redundância do *Gateway* ZigBee

Seguindo o algoritmo 2 apresentado na Figura 1, o processo de alteração do *gateway* ZigBee deve levar o tempo necessário para o protocolo VRRP alterar o IP virtual entre os *Gateways* UIoT, principal e redundante, adicionado de um pequeno tempo para configuração dos parâmetros dos dispositivos ZigBee ligados diretamente, aqui foram usados módulos Xbee Series 2. Os parâmetros necessários para alteração são apenas o de *Coordinator Enable* e de *Join Verification*, que em dispositivos coordenadores da rede devem ser 1 e 0, enquanto nos demais deve ser o oposto, 0 e 1.

Na inicialização do procedimento deve ser feita uma verificação para determinar se a instância do *Gateway* UIoT possui o IP virtual que é provido pelo VRRP. Caso positivo, o *Gateway* UIoT deve ser tratado como principal e o seu módulo Xbee é configurado como coordenador e será o *gateway* da rede ZigBee. Caso contrário o módulo deve ser configurado como um roteador ou dispositivo final, como mostra o algoritmo. Tendo feita a inicialização dos módulos corretamente, apenas é necessário fazer uma verificação periódica em busca do IP virtual para que possa ser possível fazer a troca ou a manutenção do estado do módulo ZigBee. O tempo entre verificações pode ser arbitrário, porém tempos muito pequenos podem causar uma sobrecarga no sistema e muito longos podem prolongar demais a troca entre coordenadores.

4.2 Redundância dos Nós da Rede ZigBee

O mecanismo de virtualização do IP do *Gateway* UIoT provido pelo VRRP permite de forma transparente que os dispositivos, que se usam IP, se comuniquem com o *gateway* ativo, independentemente de qual *gateway* esteja ativo na requisição. Entretanto, no ZigBee é necessário que ocorra uma reconfiguração da rede por parte dos dispositivos para que eles se associem ao novo coordenador, o que impede que os dispositivos clientes de um coordenador se comuniquem com o seu substituto de forma automática. Para contornar esse problema, os nós pertencentes à RSSF ZigBee, chamados aqui de estações ZigBee, também devem respeitar um algoritmo bem definido para que trocas de coordenador sejam rapidamente tratadas.

As estações em operação, além de enviarem dados, também devem considerar que, não havendo indicação de recepção deve-se reiniciar suas configurações de redes para que seja possível uma associação ao novo coordenador, processo que é mostrado no algoritmo 1, da Figura 1. Isso também leva a necessidade de um novo registro de cliente e serviços pelo novo *Gateway* UIoT. O algoritmo proposto deve possibilitar que as estações possam se recuperar automaticamente de falhas ou mudanças de coordenador na RSSF ZigBee, nele 'I' é o intervalo de tempo entre a transmissão de pacotes sucessivos e 'M' o número máximo de pacotes que podem ser perdidos para se considerar uma mudança de coordenador.

5. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Esta seção apresenta a especificação da implementação da proposta, bem como os cenários e os resultados utilizados para validá-la. Para obter os benefícios da solução proposta, serão apresentados os detalhes da implementação da solução proposta, bem como os resultados de tempo de convergência de uma RSSF ZigBee ao se ocorrer uma mudança no coordenador da rede.

5.1 Dispositivos e Gateways Implementados

Foi necessário implementar e configurar dispositivos e *Gateways* UIoT físicos para testar a arquitetura e os algoritmos propostos. Além da construção física, os dispositivos e os *gateways* foram configurados para executarem os softwares propostos neste trabalho.

Os dispositivos IoT partícipes da RSSF ZigBee normalmente não necessitam de muitos recursos de processamento durante a sua atuação na RSSF. Desta maneira, Arduinos se colocam como grandes aliados à prototipação, ou até mesmo a construção, destes dispositivos. Além disso, existem bibliotecas de código aberto que podem facilitar a sua implementação. Contudo, o Arduino não possui nativamente interface para se comunicar pelo protocolo ZigBee, mas essa capacidade pode ser facilmente provida por meio de um módulo de expansão. Os módulos Xbee Series 2 são dispositivos que podem se comunicar por meio do protocolo ZigBee. Eles são pequenos e requerem baixos requisitos de hardware para seu funcionamento. Desta maneira, favorecem a implementação de redes de sensores ZigBee em diversos ambientes e podem ser utilizados para a comunicação entre dispositivos finais e o *gateway* UIoT.

O *Gateway* UIoT é um componente que exige mais recursos computacionais visto que tem importantes funções na rede, de forma que o Arduino não é adequado à sua implementação. Assim, o Raspberry Pi foi escolhido para tal função. Um Raspberry Pi é um dispositivo que conta com um processador, sendo muito mais poderoso que Arduinos em termos de computação. Estes aparelhos contam com diversos benefícios como baixo custo, eficiência energética boa, alta portabilidade e uma boa escala de tamanho. Utilizou-se Raspberry Pi 3 para a implementação dos *Gateways* UIoT. Também no caso do Raspberry Pi, é necessário acrescentar um módulo extra para dar a conectividade pelo protocolo ZigBee.

5.2 Cenários

Para a execução dos cenários propostos nesta seção, os dispositivos foram configurados conforme arquitetura ilustrada na Figura 2: dois *gateways* IoT com capacidade de coordenar RSSF ZigBee e um dispositivo ZigBee, utilizado para os testes de comunicação via ZigBee.

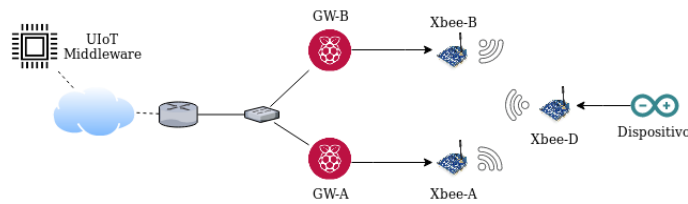


Figura 2. Diagrama da topologia da rede proposta para testes

Os dispositivos ZigBee da RSSF, em funcionamento normal, devem enviar os dados recebidos de sensores para um *gateway* ZigBee, acoplado ao *gateway* IoT principal, que serão denominados Xbee-A e GW-A, respectivamente. O GW-A fará a recepção dos dados providos pelo Xbee-A e os passará para processamento local ou envio para a nuvem. Outro *gateway* IoT, GW-B, ficará como opção de redundância, também com um módulo ZigBee disponível. Levando em conta os tipos de nó presentes numa topologia ZigBee, apenas é necessário fixar GW-A como coordenador da rede.

Em um cenário sem falhas, todas as mensagens enviadas pelo nó, Xbee-D, devem chegar ao GW-A, assim o GW-B fica sempre a espera de uma falha para assumir como *gateway* principal. O outro cenário possível é o de uma falha que implica a mudança de um *Gateway* UIoT para outro dispositivo. Essa falha deve ser tratada com base nos algoritmos apresentados, para que assim os dados possam continuar chegando à internet, caso necessário.

Uma vez que as mudanças no *gateway* ZigBee ocorrem muito rapidamente, por somente dependerem de configurações dos parâmetros indicados na Seção 4, os testes foram feitos apenas para definir o tempo de convergência da RSSF ZigBee após uma falha no enlace. Para facilitar o processo de testes, valores de M e I foram fixados em: $I = \{1, 5, 10, 30\}$ e $M = \{1, 5, 10\}$. Além disso, 30 testes foram feitos para cada combinação de elementos de I e M, resultando em 360 cenários de falha onde em todos a RSSF pode continuar o envio de dados após uma mudança de coordenador.

O tempo de convergência pode ser obtido do tempo total T, entre a recepção do último pacote antes da troca de coordenador e a do primeiro pacote no novo coordenador. Este tempo pode ser dado em função do produto do intervalo de tempo entre a transmissão de pacotes, I, e do número máximo de pacotes que podem ser perdidos, M, adicionado a um tempo de convergência, como mostram as equações 1 e 2.

$$T(I,M) = I \cdot M + T_Convergencia \quad (1)$$

$$T_Convergencia = T(I,M) - I \cdot M \quad (2)$$

5.3 Tempo de Convergência da RSSF ZigBee

Após a mudança do coordenador, os nós da rede devem se reiniciar e procurar um novo coordenador, seguindo o algoritmo mostrado na Figura 1. Essa implementação no código do Arduino possui um tratamento em que a reinicialização depende da aceitação máxima de perda de pacotes, M, e do intervalo de tempo entre a transmissão de pacotes, I. A Figura 3, mostra o resultado em segundos, dos testes realizados.

Na Tabela 1, é possível ver o tempo médio, T, da equação 1. Além do dele, é interessante analisar o desvio padrão que deve mostrar se os resultados no teste estão próximos ou distantes do resultado médio. O resultado pode ser considerado bom, pois mesmo os valores mais altos, entre 8 e 9 encontrados para valores de 'T' de 10 e 30, poderiam ser justificados. Esses altos valores ocorrem porque, quando um intervalo grande é testado, o resultado pode variar muito mais, dependendo de quando o coordenador da rede falhar em relação ao intervalo. Por exemplo, em intervalos de 30 segundos se um nó transmitir com sucesso e 1 segundo após a transmissão o coordenador falhar, deve-se esperar 29 segundos para o nó detectar primeira falha na transmissão, mas se o nó transmitir 1 segundo após uma pane os resultados podem ser menores, devido à primeira falha aparecer em apenas 1 segundo e não em 29. Além dos resultados de tempo também é válido se observar uma estimativa da quantidade de pacotes que foram perdidos, apresentado também na Tabela 1, dado pelo tempo T dividido pelo intervalo de transmissão de pacotes I.

Os resultados práticos da equação 2 são mostrados como um histograma na Figura 3. O gráfico mostra que um pequeno intervalo entre a transmissão de pacotes, como 1 segundo, diminui o desempenho da convergência da rede e pode levar até um minuto para convergir, pela implementação feita em C++. Outro ponto é que intervalos maiores, como 10 e 30 segundos, tiveram um tempo de convergência constante, independentemente do valor da perda máxima de pacotes aceitável e mesmo com o desvio padrão mais alto, mostrado na Figura 3.

Em resumo, a Figura 3 mostra que o tempo de convergência varia em função de 'M' e 'I', para pequenos intervalos de tempo entre pacotes e variar apenas em função de 'I', para o maior intervalos.

Tabela 1. Resultados obtidos com a implementação dos algoritmos propostos

	Número máximo de perda de pacotes									
	Média (segundos)			Desvio Padrão (segundos)			Pacotes perdidos			
	1	5	10	1	5	10	1	5	10	
Intervalo de tempo entre transmissão de pacotes	1	24	47	70	0,95	0,76	1,91	24	47	70
	5	33	40	66	1,87	2,55	1,91	6,6	8	13,2
	10	28	67	117,5	8,39	3,95	3,6	2,8	6,7	11,75
	30	57	177	329,5	8,97	8,53	8,44	1,9	5,9	10,98

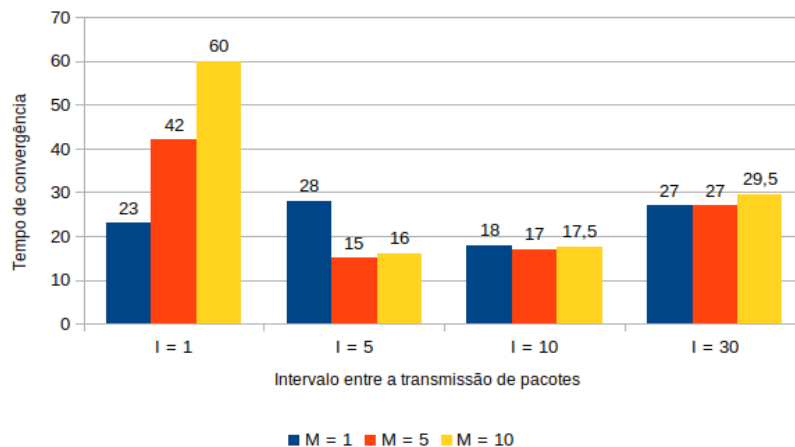


Figura 3. Gráficos dos resultados obtidos experimentalmente para o tempo de convergência mostrado na equação 2

O histograma deixa claro que inundar a rede ZigBee com pacotes a cada segundo prejudica o desempenho dos nós na reinicialização da rede. É importante lembrar que pequenos intervalos entre pacotes não são interessantes quando se lida com sistemas como o ZigBee, devido aos recursos de energia. O ZigBee é conhecido mundialmente como um protocolo de comunicação que requer apenas uma pequena quantidade de energia, mas quanto menor o intervalo de transmissão, maiores os recursos energéticos necessários.

6. CONCLUSÃO

A redundância de *gateway* ZigBee proposta neste artigo, foi feita para prover mais funcionalidades para o *gateway* UIoT, além de aumentar a disponibilidade para usuários do *middleware* UIoT. A implementação feita, permite abstrair a necessidade de intervenções humanas no caso de falhas na rede, fazendo com que a comunicação via ZigBee não perca muitos pacotes em caso de pane no *gateway* principal.

O resultado obtido somente foi possível devido ao uso do VRRP. Este protocolo possibilitou a redundância de IP para os *gateways* e é a base para a decisão de troca de parâmetro do módulo Xbee associado a um dispositivo que atua como *gateway*, tornando o dispositivo ZigBee o coordenador da RSSF. O projeto proposto pode ser usado em diversos ramos da tecnologia, desde indústrias e cidades inteligentes até automação residencial, como mostrado na Seção 1.

Durante a pesquisa também foi possível se observar possíveis trabalhos futuros. Melhorias no código e na configuração, podem ser feitos com o foco na obtenção de uma melhor eficiência energética e tempo de convergência dos nós da rede. Além disso, mudanças de configuração e topologias também poderiam prover uma redundância para a própria rede por meio de uma topologia *mesh*, que é completamente aceitável pelos dispositivos ZigBee utilizados. Outro trabalho futuro seria a expansão das funcionalidades do *gateway* UIoT para acolher à necessidade de outros protocolos como o LoRa, em crescente uso, adicionando assim mais recursos para o *middleware* IoT.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio das Agências brasileiras de pesquisa, desenvolvimento e inovação CNPq (Projeto INCT SegCiber 465741/2014-2), CAPES (Projeto FORTE 23038.007604/2014-69) e FAPDF (Projetos UIoT 0193.001366/2016 e SSDDC 0193. 001365/2016), bem como o suporte do Laboratório LATITUDE/UnB (Projeto SDN 23106. 099441/2016-43), a cooperação com o Ministério da Economia (TEDs DIPLA 005/2016 e ENAP 083/2016) e o Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (TED 002/2017) e à Universidade de Brasília (Edital DEG 05/2019).

REFERÊNCIAS

- Akyildiz et al (2002), Wireless sensor networks: a survey. *Computer networks*, Vol. 38, No. 4, pp. 393-422.
- Ashton et al (2009), That ‘internet of things’ thing. *RFID journal*, Vol. 22, No. 7, pp. 97-114.
- Caldas Filho et al (2017a), Gerenciamento de serviços IoT com Gateway Semântico, 2017 *Conferência Ibero-Americana de Computação Aplicada*.
- Caldas Filho et al (2017b), Design and Evaluation of a Semantic Gateway Prototype for IoT Networks, 2017. *Companion Proceedings of the 10th International Conference on Utility and Cloud Computing*.
- Clouqueur et al (2002), Analysis of span-restorable mesh networks. *IEEE journal on selected areas in communications*, Vol. 20, No. 4, pp. 810-821 *Computing*.
- Ferreira et al (2014), A ubiquitous communication architecture integrating transparent UPnP and REST APIs, *International Journal of Embedded Systems*, Vol. 6, No. 2-3, pp. 188–197.
- Gubbi et al (2013), Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, Vol. 29, No. 7, pp. 1645-1660.
- Martins et al (2017), Increasing the Dependability of IoT Middleware with Cloud Computing and Microservices. *Companion Proceedings of the 10th International Conference on Utility and Cloud Computing*.
- Pavlik et al (2014), Gateway redundancy protocols. *2014 IEEE 15th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI)*, pp. 459-464.
- RFC 5798, IETF, acessado em 17 de setembro de 2019, <<https://tools.ietf.org/html/rfc5798>>
- Ribeiro et al (2018), Protocolos de Redundância de Gateway Aplicados em Redes IoT. *XXXVI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais (SBRT)*.
- Sanchez et al (2014), SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed. *Computer Networks*, Vol. 61, pages 217-238.
- Scazzoli et al (2017a), Recovery in Time-Synchronized Mission Critical ZigBee-Based Wireless Sensor Networks. *International Journal of Wireless Information Networks*, Vol. 24, No. 3, pp. 268-277.
- Scazzoli et al (2017b), A redundant gateway prototype for wireless avionic sensor networks. *IEEE 28th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, pp. 1-7.
- Yannuzzi et al (2014), Key ingredients in an IoT recipe: Fog Computing, Cloud computing, and more Fog Computing. *2014 IEEE 19th International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD)*, pp, 325-329.
- Zhu et al (2010), Iot gateway: Bridging wireless sensor networks into internet of things. *2010 IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing*, pp. 347-352.

DESENVOLVIMENTO DE MODELO HIERÁRQUICO DE MIDDLEWARES COM APLICAÇÃO DE FOG COMPUTING PARA REDES IOT

João T. M. de Menezes, Pedro H. L. da Costa, Dayanne F. da Cunha,
Francisco Lopes de Caldas Filho, Lucas M. C. e Martins e Fábio Lúcio Lopes de Mendonça
Laboratório LATITUDE, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília (UnB), Brasília-DF, Brasil

RESUMO

O crescimento em larga escala da geração e do tráfego de dados da Internet permitiu o desenvolvimento de análises complexas em diversos contextos (social, transporte e saúde). Esse progresso gerou desafios na coleta, processamento, persistência e apresentação de dados para gerar informações, inclusive para a Internet das Coisas. Nessas circunstâncias, este artigo propõe um Middleware IoT genérico que pode ser implantado em uma estrutura descentralizada, permitindo a redução do tráfego e armazenamento de dados na Central Cloud através da aplicação de regras definíveis que sumarizam os dados coletados e transferem os resultados em uma rede IoT. A proposta foi testada implantando os Middlewares de maneira hierárquica no contexto de uma cidade inteligente e comparando-os com o mesmo Middleware em uma rede com uma Nuvem Centralizada. Os resultados foram positivos, o Middleware auxiliou na aplicação dos dois casos e, no caso do middleware hierárquico, foi possível reduzir o tráfego de dados para armazená-los de forma distribuída.

PALAVRAS-CHAVE

IoT, Middleware, Data, Traffic, Fog

1. INTRODUÇÃO

O crescente desenvolvimento de tecnologias permite a obtenção e controle de dados antes inexplorados, proporcionando um melhor controle de variados sistemas da sociedade, tais como transporte, cuidados de saúde, monitoramento de ambientes e de pessoas (Reinsel *et al.*, 2018; Atzori *et al.*, 2010; Elijah *et al.*, 2018). Esse avanço também resultou em um aumento do volume de dados já coletados, seja pelo aumento da capacidade de persistência de dados, da velocidade de coleta ou da distribuição de geradores de dados.

Esse crescimento do volume digital possibilita uma melhor gestão de aspectos humanos, sociais ou tecnológicos. As informações presentes em dados extraídos de fontes variadas são utilizadas em aplicações que, muitas vezes, necessitam de um pré-processamento para a efetiva obtenção da informação útil para sua atuação. Há diversas estimativas relacionadas ao crescimento do volume de dados e informações trafegando na rede, em especial com a expansão da IoT (Gubbi *et al.*, 2013).

O relatório Cisco *Visual Networking Index* (Cisco, 2019) apresenta previsões para o tráfego mundial total da Internet e questões relacionadas como previsões sobre o número de dispositivos conectados à Internet de forma quantitativa e sempre crescentes. O estudo expõe pontos de análise como mudanças relativas ao aumento da variedade de dispositivos e conexões, que mostra uma estimativa de mais de 25 bilhões de dispositivos no mundo e destes, mais da metade correspondem a conexões M2M (*Machine to Machine*, representando conexões diretas entre dois dispositivos). Isso reflete no crescimento da quantidade de dispositivos IoT presentes na rede em âmbito mundial e no crescimento do tráfego de aplicações presentes na Internet. A estimativa é que em 2022 o tráfego global da Internet seja de 150.000 GB por segundo. Diante de tal cenário, estudos relativos a mudanças para suportar o tráfego previsto são indispensáveis.

O aumento da complexidade dos sistemas deixou mais clara a necessidade de processamento automático dos dados. Esse processamento pode gerar informação e ser atrelado a uma atuação também automática sobre o sistema. Portanto, a coleta, o controle e o processamento dessa imensa quantidade e variedade de dados se tornaram imprescindíveis para o gerenciamento dos sistemas e atuadores no mundo. O conceito de IoT permite,

com facilidade, a interoperabilidade de sistemas ou subsistemas, sendo um ótimo candidato para tal tarefa.

O processamento de dados é importante para obter informações úteis sobre as métricas cruas coletadas, que muitas vezes é feito a partir de uma base de dados extensa na *Cloud* ou por outras entidades que possuem acesso aos dados que foram persistidos nela, sendo que neste caso, há um gasto de banda para a obtenção dos dados necessários para o processamento. Este trabalho tem como interesse buscar uma solução mais otimizada que a arquitetura de *Cloud*, visto que para a persistência, processamento e resposta/atuação não se mostra uma boa alternativa para todas as aplicações. A aglomeração de dados em um único ponto torna o processamento mais custoso e lento, além de adicionar uma latência para respostas às requisições de aplicações ou clientes (Lee & Lee, 2018; Tong *et al.*, 2016). Nesse cenário, armazenar dados de maneira distribuída, permitindo acesso a informações em toda a rede, pode ser uma boa alternativa (Huacarpuma *et al.* 2017) e os conceitos de *Fog Computing* se encaixam nesse problema (Atlam *et al.*, 2018).

O trabalho possui esta Introdução (apresentação da problemática), Trabalhos Relacionados, (traz pesquisas relacionadas ao presente trabalho), Proposta (descrição da proposta), Testes e Resultados (testes para validar a proposta e resultados obtidos) e finaliza com a Conclusão (conclusão do trabalho a respeito dos resultados obtidos e trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos a partir da presente proposta).

2. TRABALHOS RELACIONADOS

O uso de uma descentralização do processamento para atender requisições de forma mais eficaz e sem uso abusivo de banda de certas aplicações já foi o centro de outras pesquisas. Tong *et al.* (2016) argumenta que uma arquitetura hierárquica de *Cloud* com processamento na borda e não na internet, atende requisições com maior eficiência e rapidez, pois permite a agregação das cargas de pico dos usuários móveis em diferentes servidores em nuvem. Tal arquitetura busca a utilização eficiente dos recursos de nuvem, por meio de um algoritmo de posicionamento de carga de trabalho. Esse algoritmo decide em que programas móveis de servidores de nuvem na borda deverão ser colocados e a quantidade de capacidade computacional, que deve ser provisionada para executar cada programa.

O uso de processamento próximo aos clientes com armazenamento distribuído já tinha sido proposto por Yu *et al.* (2017), alegando que haveria uma diminuição considerável da latência entre os servidores e os usuários finais, evitaria picos de uso de banda pela Internet e estenderia a vida útil de dispositivos que funcionam a baterias.

A aplicação do paradigma de *fog computing* para *smart-cities* já foi proposto por Mohamed *et al.* (2017), em que se expõe uma visão de Arquitetura Orientada a Serviço (SOA) para as entidades existentes em uma Rede IoT, e Silva *et al.* (2016), em que se identifica e separa diferentes abstrações e aplica uma hierarquia multi-level para a coleta, processamento, integração e alertas.

O laboratório de Internet das Coisas em que esse trabalho foi desenvolvido (UIoT), já produziu trabalhos de desenvolvimento de um *gateway* semântico IoT (Caldas Filho *et al.*, 2017). Esse *gateway* era capaz de compreender mensagens de comunicação através de *Sockets* TCP e UDP, MQTT e ZigBee, e assim fazer todo o gerenciamento de serviços oriundos de dispositivos e conectá-los aos *Middlewares* que os interligam com a Internet. Além desse *gateway*, já existia, também, um *Middleware* que continha a capacidade de identificação das entidades presentes na rede e um controle de mensageria, como exposto nos estudos de Silva *et al.* (2016), Ferreira and de Sousa Jr. (2017) e Martins *et al.* (2017).

A proposta do trabalho é a construção de um *Middleware* IoT genérico que pode ser hierarquizado permitindo redução da quantidade de dados na rede e o acesso a informação gerada por dispositivos, através de aplicação de conceitos relacionados a *Fog computing* (Atlam *et al.*, 2018; Bonomi *et al.*, 2012).

3. PROPOSTA

A hierarquização de *Middlewares* consiste na distribuição destes no contexto de uma cidade inteligente visando a redução da quantidade de dados trafegada na rede. A ideia é que os *Middlewares* estejam localizados geograficamente próximos dos dispositivos que possuem serviços das entidades de abstrações de uma cidade: casa, rua, bairro e cidade. Dessa forma, existiria um *Middleware* para cada abstração citada de forma hierárquica como pode ser visto na Figura 1. Assim, os dados oriundos de dispositivos são enviados para o

Middleware do seu nível hierárquico e as informações presente nesses dados podem ser passadas para *Middlewares* em nível hierárquico maior conforme configuração de regra. Esse modelo permite que apenas dados de interesse sejam trafegados ao longo da rede.

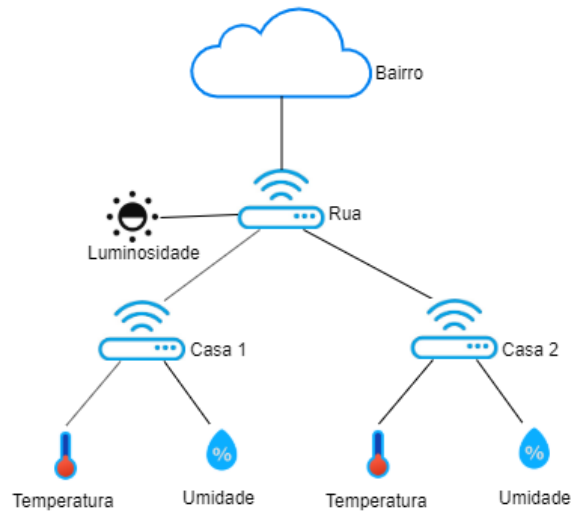


Figura 1. *Middlewares* hierárquicos em uma cidade

Para exemplificar, supõe-se que se deseja medir a temperatura média de um bairro a cada 20 minutos. Existem casas nesses bairros com sensores de temperatura que produzem dados a cada 30 segundos. Se existir apenas um *Middleware* centralizado na rede, esses dados serão enviados pela Internet e serão armazenados juntos com os dados de todos os dispositivos da rede. Para saber a temperatura do bairro, será necessário solicitar todos esses dados presentes no *Middleware* depois processá-los e extrair a informação da média do bairro a cada 20 minutos. Em um cenário hierárquico, os dados dos sensores das casas serão enviados para *Middlewares* de casas e, já que estão geograficamente próximos, os dados não precisam trafegar pelo *backbone* da rede. Esses dados serão armazenados apenas com dados oriundos da casa em questão. Para saber a temperatura média do bairro, não é necessário a leitura desses dados a cada 10 segundos. Aqui utiliza-se conceitos de *fog computing*, onde o bairro pode cadastrar regras para os *Middlewares* das casas resumizarem os dados de temperatura das casas e enviarem a média para *Middlewares* das ruas a cada 5 minutos, e também cadastrar regras para os *Middlewares* das ruas, resumizarem essa informação e enviarem as médias de temperaturas das ruas a cada 20 minutos. Dessa forma, será possível calcular a temperatura média do bairro a cada 20 minutos com uma redução de tráfego de dados no *backbone* da rede. Este cenário pode ser expandido de forma que possam existir vários *Middlewares* de bairros conectados ao *Middleware* de uma cidade.

3.1 UIoTBox

Para permitir a aplicação do modelo hierárquico proposto, propõe-se um *Middleware* IoT, denominado UIoTBox. Ele é composto pelos seguintes módulos: Unidade de Persistência, Interface, Listener, Collector, Dispatcher, Rule, Monitor e API Rest. Com exceção da Unidade de Persistência onde utilizou-se a tecnologia MongoDB, o restante dos módulos foram desenvolvidos com a linguagem de programação Python. Na Figura 2 é demonstrado um diagrama do UIoTBox com os módulos.

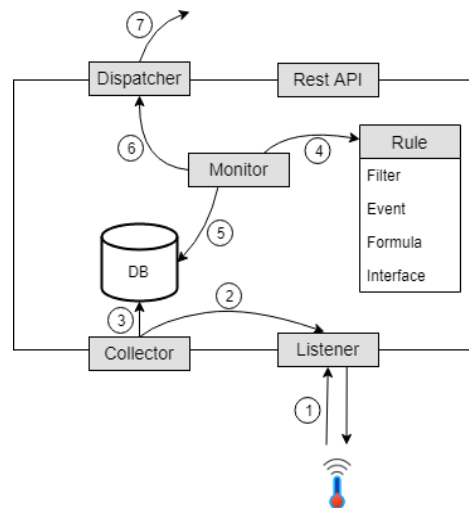


Figura 2. Módulos que o compõe e um fluxo da informação do UIoTBox

Estes módulos possibilitam ao *Middleware*: a persistência de dados recebidos; o cadastro de fórmulas de sumarização de dados; o gerenciamento de eventos para fórmulas de sumarização; e envio de resultados de sumarização para fontes externas. Sua implementação foi feita pensando em uma adequação a uma forma genérica, permitindo ser utilizado em outras aplicações e arquiteturas IoT.

O UIoTBox é, portanto, a consolidação de alguns módulos em Python que, juntos, formam um *Middleware* genérico capaz de suportar regras para análise e envio de dados ou alertas. Ele é capaz de receber, persistir, processar dados de entrada e enviar informações para diversas fontes. A função de cada módulo construído pode ser explicada pelo fluxo do recebimento de um dado apresentado Na Figura 2.

O passo número 1 da Figura 2 representa o cadastro de um novo cliente no UIoTBox, que, no caso, é um sensor de temperatura. Para tal, o dispositivo deve enviar uma mensagem seguindo o fluxo de cadastro para a correta identificação no *Middleware*. Isso é realizado na entidade que atua como a porta de entrada do UIoTBox. O Listener. Este tem a responsabilidade do cadastramento de dispositivos, serviços de envio de dados e então de receber os dados de diferentes sensores e tecnologias IoT. Os dispositivos podem ser tanto sensores quanto outros *Middlewares*. Atualmente, o UIoTBox possui *Sockets* TCP e UDP, MQTT e ZigBee. O cadastro de clientes é realizado no *endpoint /client*. Agora o dispositivo deve cadastrar o(s) serviço(s) que ele provê e que geram dados que serão enviados. O serviço é cadastrado com uma mensagem para o *endpoint /service*. Com o(s) serviço(s) cadastrado(s), o sensor pode iniciar a transmissão de dados. Os dados são enviados com uma mensagem seguindo um padrão definido para o *endpoint /d/data*.

Os dados enviados de um dispositivo para o UIoTBox permanecem em memória no *Listener* até que o *Collector* retire esses dados para então realizar a persistência. Isso é representado pelo passo número 2 da Figura 2, em que ocorre a retirada de dados mantidos em *buffer*. Assim, o papel do *Collector* é permitir a coleta de dados de diferentes fontes de interesse e os persistir na unidade de persistência. No presente estudo, o *Collector* atua como a ponte entre os dados recebidos pelo *Listener* e a Unidade de Persistência. Para tal atividade, o *Collector*, utiliza uma *Interface* relacionada ao *Listener*, e realiza um GET no *endpoint /getall* periodicamente. A entidade *Interface* atua como uma classe abstrata de conexão que possui os métodos *send* e *get* para mandar e solicitar dados com seus respectivos parâmetros atrelados a interface.

O passo 3 da Figura 2 ilustra o último passo do recebimento dos dados pelo UIoTBox, a persistência dos registros recebidos. O *Collector* simplesmente passa os dados obtidos no passo anterior para a Unidade de Persistência, a partir do uso da *Interface* que segue os parâmetros da Unidade de Persistência.

Quando há uma Regra registrada, o fluxo do UIoTBox segue as etapas 4, 5, 6 e 7 da Figura 2. A *Rule* é a entidade que define as regras que o UIoTBox deverá seguir sobre os serviços que estão enviando dados a ele. As regras têm como objetivo definir o mecanismo de monitoramento dos serviços e, então, realizar operações e envio dos dados processados. Ela possui 4 objetos, *Filter*, *Event*, *Fórmula*, *Interface*.

O *Filter* é o elemento da *Rule* que contém os parâmetros da *query* para filtragem de dados na Unidade de Persistência. Ele é, portanto, o identificador dos serviços de interesse para a regra em questão. O objeto *Event* define o gatilho para aplicação da regra cadastrada. Ele contém campos para definir a quantidade de ocorrências

e o tipo do evento. *Fórmula* é a entidade que representa a operação que será executada com os dados obtidos a partir de *Filter* na ocorrência de um *Event*. Esta operação é identificada como uma *string*. A *Interface* contém as informações necessárias para indicar qual interface utilizar. Esta é especificada, pelo campo **type**, e seus parâmetros são passados a partir de um objeto de nome *params*.

Continua-se o fluxo da situação exposta na Figura 2, onde existe um serviço chamado de "Temperature". Para ilustrar este novo fluxo, suponhamos que a regra cadastrada consiste no envio da média dos serviços de nome igual a "Temperature" a cada 10 amostras recebidas para o UIoTBox superior. Em suma, *Rule* possui *Filter* identificando o nome do serviço igual a "Temperature", um *Quantity Event* com **value** igual a 10 e ocorrência ilimitada, ou seja, igual a -1, *Fórmula* igual a "Average" e *uiot_service* como *Interface*.

Nesse momento aparece a entidade *Monitor* que consiste no módulo responsável por monitorar constantemente a Unidade de Persistência para verificar a ocorrência de eventos e faz execução da *Rule* conforme configuração desta, representado pelos passos 4 a 6 da Figura 2. O *Monitor* consulta as regras cadastradas, e, para cada regra, verifica os dados a partir dos filtros presentes para aferir a ocorrência do evento. Se o evento ocorrer, o *Monitor* executa a fórmula e instancia o *Dispatcher* passando a *Interface* presente na regra para enviar o dado processado para seu devido destino. Como o evento possui uma quantidade de ocorrências, sempre que este ocorrer, o número de ocorrências é decrementado e quando tem valor igual a zero, a regra é excluída. Usando a *interface* *uiot_service*, os dados são enviados para o UIoTBox superior como um registro de dados para o *endpoint* /g/data, representado pela etapa 7 na Figura 2, na qual reiniciará o fluxo apresentado neste *Middleware*.

4. TESTES E RESULTADOS

Para testar o *Middleware* e a aplicação da arquitetura hierarquizada, realizou-se uma comparação da arquitetura proposta com uma arquitetura de *cloud centralizada*. A comparação aconteceu por meio de três cenários de testes nas duas arquiteturas no contexto de uma cidade. Cenário 1: uma rua deseja obter a média de umidade dos últimos 30 minutos de todas as suas casas. Cenário 2: um bairro deseja identificar momentos em que a média de temperatura nas casas (calculada a cada 5 minutos) de uma rua estiver maior que 25°C. Cenário 3: um bairro deseja receber o valor máximo de um serviço de luminosidade a cada 1.000 amostras. Em tais cenários, existem dois sensores de temperatura e umidade (DHT11) e um sensor de luminosidade que enviam dados a cada 5 segundos. Para envio dos dados, os sensores são conectados em módulos de hardware ESP8266. Os *Middlewares* foram implantados em Raspberry Pi 3B.

No cenário da *cloud centralizada*, todos os sensores enviam para o mesmo lugar, como mostra a Figura 3. Observa-se também que não há a separação de casas, ruas e bairros, apenas uma abstração disso. Para atender os cenários, é necessário registrar todas as regras no mesmo *Middleware* para realização de sumarização.

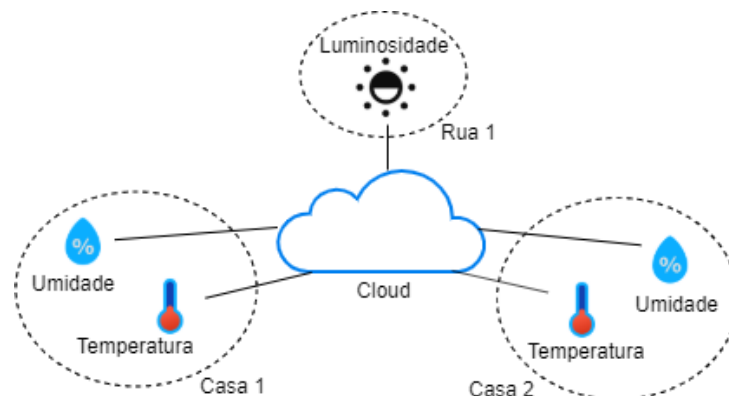


Figura 3. Caso *cloud centralizada*

O cenário da rede hierárquica utilizado para teste está representado na Figura 1. Os sensores de temperatura e umidade são conectados a *Middlewares* de casas. Tais *Middlewares* estão conectados a um *Middleware* de rua. Neste último também é conectado o sensor de luminosidade. O *Middleware* da rua está conectado ao *Middleware* do bairro.

Aplicando os conceitos de *Fog Computing*, o armazenamento dos dados é realizado nos *Middlewares* espalhados geograficamente pela cidade e regras são cadastradas nos *Middlewares* de nível inferior para enviar os dados sumarizados para níveis superiores. Portanto, para atender aos cenários, uma regra que tenha um Filtro igual ao serviço de “Temperature”, Fórmula igual a “Average”, Evento igual a 5 minutos e Interface igual a um serviço UIoTService, e outra regra que altera apenas o Filtro do serviço para ser igual ao serviço de umidade foi registrada nos *Middlewares* casas. No *Middleware* da rua, foi registrada a regra que tem Filtro igual a Serviço “Temperature”, Evento igual a “Maior que 25° C”, Interface igual a “UIoTService” e nada em Fórmula e outra regra que tem Filtro igual a Serviço de Luminosidade, Fórmula é igual a “Average”, Evento igual a 100 amostras e Interface igual a UIoTService.

Todas essas regras também foram registradas no *Middleware* do cenário de *cloud* centralizada, alterando a *Interface* para uma interface HTTP com um cliente que apenas recebe os dados. Nesse caso, os sensores de temperatura enviam dados para o *Middleware* a cada 5 segundos e o de luminosidade a cada 5 segundos.

No cenário hierárquico, com as regras cadastradas, os dados que irão trafegar pelo *backbone* da rede, ou seja, entre os *Middlewares*, são os das casas para rua e da rua para o bairro no momento de ocorrência dos eventos. Sendo $\frac{1}{T_1}$ a frequência de envio de cada amostra de dado pelo sensor e P o período total de execução do experimento, a quantidade de dados enviada por um sensor (Q1) pode ser definida pela equação:

$$Q1 = \frac{1}{T_1} \times P \Rightarrow P = Q1 \times T1 \quad (1)$$

A comunicação entre *Middlewares* ocorre conforme os eventos das regras, assim o intervalo de envio de cada dado é regido pelo evento, no caso chama-se de T2. O período de execução corresponde ao período do experimento P. Assim, a quantidade total de dados (Q2) enviada por regra cadastrada é:

$$Q2 = \frac{1}{T_2} \times P \Rightarrow P = Q2 \times T2 \quad (2)$$

Igualando as equações 1 e 2 para descobrir a relação entre a quantidade de dados enviadas, obtém-se:

$$Q1 \times T1 = Q2 \times T2 \Rightarrow \frac{Q2}{Q1} = \frac{T1}{T2} \quad (3)$$

Portanto, a relação do total de dados enviados entre o cenário com regras (Q2) e o cenário sem regras (Q1) é $\frac{T1}{T2}$. Salienta-se que no cenário da *cloud centralizada*, os sensores enviam direto para o *Middleware* seguindo a Equação 1. Percebe-se pela Equação 3 que a redução na quantidade de dados transmitidos depende do tempo de ocorrência dos eventos, quanto maior ele for, menos dados são enviados.

As Tabelas a seguir mostram os dados transmitidos em ambos os cenários.

Tabela 1. Fonte e Quantidade de Dados Enviados a *Cloud*

Fonte de dados	Quantidade de dados
Estação 1 (Temperature)	232,374 kB
Estação 1 (Humidity)	230,944 kB
Estação 2 (Temperature)	232,286 kB
Estação 2 (Humidity)	231,216 kB
Sensor de Luminosidade	232,082 kB
Total	1.158,902 kB

Tabela 2. Fonte e Quantidade de Dados Enviados à Rua 1 - Arquitetura Hierárquica

Fonte de dados	Quantidade de dados
Casa 1 (Temperatura)	3,862 kB
Casa 1 (Umidade)	3,862 kB
Casa 2 (Temperature)	3,885 kB
Casa 2 (Umidade)	3,862 kB
Total	15,471 kB

Tabela 3. Fonte e Quantidade de Dados Enviados ao Bairro - Arquitetura Hierárquica

Fonte de dados	Quantidade de dados
Rua 1 (Temperatura Maior que 25 °C)	2,248 kB
Rua 1 (Luminosidade)	2,576 kB
Total	4,824 kB

O total de dados gerados que é trafegado pela Internet no caso da rede Hierárquica é a soma dos dados que foram enviados para os *Middlewares* da rua e do bairro, totalizando 20,295 kB. Esse valor é 98,25% menor do que o valor enviado pela Internet no cenário da *cloud* centralizada que foi de 1158,902 kB. Como mostrado na equação (3), a redução de dados depende de como a regra foi configurada.

No cenário da *cloud centralizada* observa-se que, a partir da Tabela 1, as estações meteorológicas enviaram juntas 464,66 kB de dados de temperatura e 462,16 kB de dados de umidade para o *Middleware*. No caso dos *Middlewares* hierarquizados, os dados de temperatura e umidade foram enviados a cada 5 minutos pelas casas, somando 7,747 kB e 7,724 kB, respectivamente. A redução de dados de umidade trafegados pela Internet foi de aproximadamente 98.33%. Para calcular a redução de dados de temperatura, deve-se considerar o tráfego do *Middleware* da rua para o *Middleware* do bairro, que ocorre quando a média da temperatura ultrapassa 25 °C. Assim, o total de dados de temperatura no cenário hierárquico foi de 9,995 kB, que é um valor 97.85% menor que no caso da *cloud centralizada*.

Para a redução no tráfego de dados de umidade, pode-se substituir os valores de 5 segundos em T1 (intervalo entre envio de dados) e 300 segundos em T2 (intervalo entre ocorrência dos eventos) na Equação (3) e observar que a redução no cenário hierárquico foi de 98,33% (1 - 0,017). O valor experimental de 98,33% obtido condiz com o valor esperado.

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{5}{300} = 0,017 \quad (4)$$

Não é possível utilizar o modelo matemático para prever a redução do tráfego dos dados de temperatura já que a regra do *Middleware* da rua não tem periodicidade determinável. Ainda assim, é possível aplicar a Equação (3) nos dados trocados entre os *Middlewares* das casas e da rua. Aqui, a frequência do envio dos sensores e dos *Middlewares* são as mesmas dos valores de umidade, então vale o valor exposto na equação (5). Nesse caso, os *Middlewares* das casas enviaram juntos uma quantidade de dados 98,33% menor.

Observa-se na Tabela 1 que no caso da *cloud centralizada* foram enviados 232,082 kB de dados de luminosidade. No caso da rede hierarquizada, apenas a média dos valores a cada 100 amostras foi enviada do *Middleware* da rua para o *Middleware* do bairro, totalizando 2,256 kB, conforme Tabela 3, valor 99.02% menor. Como a média dos dados é realizada a cada 100 amostras e o sensor envia dados a cada 5 segundos, a média é executada a cada 500 segundos. Substituindo tais valores na Equação (3), obtém-se:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{5}{500} = 0,01 \quad (5)$$

Matematicamente, a redução no cenário hierárquico foi de 99% (1 - 0,01). O valor experimental de 99,03% obtido, condiz com o valor esperado. As reduções obtidas são exorbitantes, no entanto, deve-se observar que essa redução depende das regras configuradas, pois essa redução pode ser menor se a frequência do evento também for menor. Tudo depende de como os *Middlewares* estão configurados, sendo que o ponto principal é que, a partir de todos os módulos implementados, esses oferecem essa possibilidade.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi desenvolvido um *Middleware* IoT genérico capaz de receber regras de sumarização e envio de dados, permitindo a disposição destes de forma hierárquica a fim de reduzir o tráfego de dados na rede e permitir armazenamento distribuído. Para validar a solução proposta, comparou-se duas arquiteturas: uma *cloud centralizada* e uma rede com os *Middlewares* hierarquizados no contexto de uma cidade. O mesmo *Middleware* foi utilizado nos dois casos.

Com os resultados obtidos, foi possível testar o funcionamento do *Middleware* e mostrar experimentalmente a capacidade de redução no tráfego de dados aplicando um modelo de descentralização de dados e cadastro de regras para a obtenção de informações. As reduções obtidas são exorbitantes, entretanto deve-se sinalizar que esta redução depende da configuração das regras, então quando se leva em conta a precisão das informações, esta redução pode ser menor, dependendo da configuração do *Middleware*.

Durante o desenvolvimento da solução, não foram levadas em conta questões de segurança, logo é necessário aprofundamento no tema. Algoritmos de *Machine Learning* e teorias estatísticas para geração de sumarização automatizada e obtenção de informações precisas, com base nos dados persistidos e transitados, também são pontos que podem ser explorados, já que a solução proposta oferece meios para tal mesmo que, no cenário atual, as tarefas são executadas manualmente.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio das Agências brasileiras de pesquisa, desenvolvimento e inovação CNPq (Projeto INCT SegCiber 465741/2014-2), CAPES (Projetos FORTE 23038.007604/2014-69 e PROBRAL 88887.144009/2017-00) e FAPDF (Projetos UIoT 0193.001366/2016 e SSDDC 0193. 001365/2016), bem como o suporte do Laboratório LATITUDE/UnB (Projeto SDN 23106. 099441/2016-43), e as cooperações com o Ministério da Economia (TEDs DIPLA 005/2016 e ENAP 083/2016) e o Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (TED 002/2017).

REFERÊNCIAS

- Atlam, H. F., Walters, R. J., & Wills, G. B. (2018). Fog Computing and the Internet of Things: A Review. *big data and cognitive computing*, Vol. 2(2), 10.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787-2805.
- Bonomi, F., Milito, R., Zhu, J., & Addepalli, S. (2012, Agosto). Fog computing and its role in the internet of things. In *Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile Cloud Computing* (pp. 13-16). ACM.
- Caldas Filho, F. L. de; Martins, L. M. C. e.; Araújo, I. P.; Mendonça, F. L. L. de; Costa, J. P. C. L. da; de Sousa Júnior, R. T. (2017, Dezembro). Design and Evaluation of a Semantic Gateway Prototype for IoT Networks. In *Companion Proceedings of the 10th International Conference on Utility and Cloud Computing, UCC '17 Companion* (pp. 195-201), ACM.
- Cisco (2019). *Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017–2022* (White Paper C11-741490-00). [s.l.]: Cisco Systems, Inc.
- Elijah, O., Rahman, T. A., Orikumhi, I., Leow, C. Y., & Hindia, M. N. (2018). An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(5), 3758-3773
- Ferreira, H. G. C. & de Sousa Jr., R. T. (2017). Security analysis of a proposed internet of things middleware. *Cluster Computing*, 20(1), 651-660.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660.
- Huacarpuma, R. C.; de Sousa Júnior, R. T.; Holanda, M. T. de; Albuquerque, R. de O., García Villalba, L., & Kim, T. H. (2017). Distributed Data Service for Data Management in Internet of THings Middleware. *Sensors*, 17(5).
- Lee, J. & Lee, J. (2018). Hierarchical Mobile Edge Computing Architecture Based on Context Awareness. *Applied Sciences*, 8(7), 1160.
- Martins, L. M. C. e; Caldas Filho, F. L. de; de Sousa Júnior, R. T.; Giozza, W. F.; Costa, J. P. C. L. da (2017, Dezembro). Increasing the Dependability of IoT Middleware with Cloud Computing and Microservices. In *Companion Proceedings of the 10th International Conference on Utility and Cloud Computing, UCC '17 Companion* (pp. 203-208), ACM.
- Mohamed, N., Al-Jaroodi, J., Jawhar, I., Lazarova-Molnar, S., & Mahmoud, S. (2017). SmartCityWare: A Service-Oriented Middleware for Cloud and Fog Enabled Smart City Services. *IEEE Access*, 5, 17576-17588.
- Reinsel, D.; Gantz, J. & Rydning, J. (2018). *The Digitization of the World* (White paper US44413318). [s.l.]: IDC.
- Silva, C. C. de M., Ferreira, H. G. C., de Sousa Júnior, R. T., Buiati, F., & Villalba, L. J. G. (2016), Design and Evaluation of a Services Interface for the Internet of Things. *Wireless Personal Communications*, 91(4), 1711-1748.
- Tong, L., Li, Y., & Gao, W. (2016, Abril). A Hierarchical Edge Cloud Architecture for Mobile Computing. In *IEEE INFOCOM 2016 - The 35th Annual IEEE International Conference on Computer Communications*. IEEE.
- Yu, W., Liang, F., He, X., Hatcher, W. G., Lu, C., Lin, J., & Yang, X. (2017). A Survey on the Edge Computing for the Internet of Things. *IEEE access*, 6, 6900-6919.

SEGURANÇA DO AMBIENTE USANDO DISPOSITIVO IOT COM PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO

Bruno J. G. Praciano, Francisco Lopes de Caldas Filho, Lucas M. C. e Martins,
Dayanne F. da Cunha, Daniel Alves da Silva e Rafael Timóteo de Sousa Júnior
Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília - DF, Brasil - Zipcode 70910-900

RESUMO

Nos últimos tempos, o conceito de reconhecimento facial ganhou grande popularidade. Graças à evolução da Internet das coisas (IoT), as ideias para monitorar com *smartphones* e outros dispositivos agora parecem possíveis. Problemas como o reconhecimento facial para entrada em ambientes estão sendo abordados pela IoT. Neste artigo, apresentamos um sistema integrado de dispositivos inteligentes *Fog* baseado em IoT. A solução proposta de uma implantação no local de um módulo de IoT que é usado para monitorar e anunciar a pessoa que entrou em uma sala, por exemplo. E o aplicativo bot também é fornecido, permitindo que o usuário final verifique os rostos de acordo. Esse artigo também descreve uma visão de alto nível da arquitetura do sistema. No final, é discutido o funcionamento do sistema na forma de um caso de uso que comprova a correção do modelo proposto.

PALAVRAS-CHAVE

IoT, Reconhecimento Facial, *Machine Learning*, *Fog*

1. INTRODUÇÃO

Como grande parte da população vive em áreas urbanas e tem acesso à Internet, a quantidade de dados gerados está aumentando, portanto, é necessário adequar-se a essa nova realidade [Gubbi *et al.*]. Uma das razões para esse aumento é que as pessoas estão usando dispositivos IoT diariamente, como telefones celulares, TV inteligente, relógios inteligentes e veículos conectados; consequentemente, é necessário usar técnicas de análise de dados para entender o comportamento dessa grande quantidade de informações [Rathore *et al.*].

Com os recentes avanços tecnológicos, novas soluções para coletar informações ambientais e executar automaticamente tarefas no mundo "real" foram adotadas de uma maneira anteriormente inimaginável. A Internet das Coisas (IoT) surgiu propondo um gerenciamento automatizado da cadeia de suprimentos viável e passou a ser usada em outros campos, como assistência médica, automação residencial e cidades inteligentes [Shi & Dustdar].

A tecnologia IoT está crescendo em muitas áreas de pesquisa e isso é causado por sua capacidade de coletar e enviar dados com o mínimo de interferência humana. Os dados são coletados pelos sensores ou câmeras presentes nos dispositivos e podem ser usados em aplicações estratégicas, como monitoramento climático ou monitoração interna de edifícios, para melhorar o gerenciamento, como reconhecimento facial [Swamy & Sowmyarani].

Mas esse tipo de software precisa reunir muitos dados para ser mais eficiente e assertivo. Lidar com esse grande volume de dados é um desafio em todas as áreas de tecnologias. O uso da inteligência artificial é comum para aprimorar uma nova análise e processo de construção de novos dispositivos [Tsai *et al.*].

Recentemente, adotamos o conceito de *Fog Computing* para conectar aplicativos em muitos dispositivos inteligentes. A ideia é criar uma camada entre os *gadgets* e a nuvem, alocando os recursos próprios da organização para serem usados adequadamente. Esse paradigma foi desenvolvido para aplicações em tempo real, como abordagens de *big data* e ciência de dados, e com isso é possível aumentar a velocidade de transmissão e diminuir a latência [Stojmenovic].

As técnicas de detecção de faces se tornaram comuns após o algoritmo de detecção de objetos Viola-Jones [Viola & Jones]. Essa estrutura pode ser treinada para detectar muitos tipos de classes de objetos; no entanto, foi construída para resolver o problema de detecção de face. O reconhecimento disso deve-se permitir que a câmera detecte rostos em tempo real usando hardware de baixo custo e é necessário enfatizar que este procedimento forneceu uma baixa porcentagem de falsos positivos.

Atualmente, existem outras técnicas com mais eficiência para realizar essa tarefa em nosso trabalho mostramos um breve resumo das bibliotecas de código-fonte aberto que utiliza aprendizado de máquina, sendo: Face Recognition [Geitgey & Nazario], OpenFace [Amos & Satyanarayanan] e Dlib [King], que nos ajudam a modelar o ambiente IoT de detecção de faces usando *Fog Computing*.

O objetivo deste trabalho é construir um dispositivo inteligente usando computação *Fog* e coordenar seu reconhecimento de rosto remotamente. Os benefícios do uso dessa arquitetura são de baixo custo para implementar e operar e a possibilidade de trabalhar com nuvens federadas.

Além desta introdução, este artigo está organizado da seguinte forma: na Seção II, apresentamos os trabalhos relacionados. Na Seção III, apresentamos o *Middleware* IoT proposto para reconhecimento de face usando o *Fog Computing*. Na Seção IV, apresentamos a metodologia de teste e os resultados. Finalmente, na Seção V, apresentamos conclusões e sugestões gerais para trabalhos futuros.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

A IoT e o reconhecimento facial foram tópicos importantes na pesquisa acadêmica nos últimos anos e a combinação desses tópicos pode ajudar em vários problemas atuais, como encontrar pessoas perdidas usando câmeras de vigilância.

O trabalho de [Amin *et al.*] descreve um esquema de reconhecimento de rosto descentralizado usando câmeras de vigilância distribuídas usando IoT em conjunto com arquitetura em nuvem. Eles usaram o método Viola-Jones [Viola & Jones]. Implementado através da biblioteca de visão computacional OpenCV como o método oficial de detecção de rosto, chamado *Haar Cascades*. O foco deste estudo é apresentar o processo de extração de faces em um dispositivo local e enviá-lo para que a classificação seja realizada em nuvem.

Em [Mano *et al.*] é apresentado outro estudo sobre este assunto, que utiliza IoT para melhorar os hospitais usando conceitos de dispositivos inteligentes, usando as características faciais dos pacientes, é possível identificá-lo e também reconhecer a emoção do paciente. Capturar a foto e processar a detecção e o reconhecimento de faces em um dispositivo na rede local do paciente e, em seguida, envia apenas as informações relevantes para as camadas superiores a serem mostradas no sistema. Foram utilizadas técnicas como *k-Nearest Neighbor* (kNN) e *Support Vector Machine* (SVM) [Mitchell] para identificar o paciente e o *Face Tracker Algorithm* [Libralon & Romero] para detectar rostos usando 66 pontos de recurso.

[Hossain *et al.*] apresentaram um trabalho que usa a IoT e a geometria da face para fazer a identificação baseada em biometria facial para facilitar a autenticação. Neste artigo, os autores mostram uma solução modelada que inclui sensores locais que enviam dados para dispositivos de comunicação em nuvem. Os dispositivos de comunicação são aqueles que atuam como *gateways* de IoT.

3. MIDDLEWARE IOT PROPOSTO PARA RECONHECIMENTO DE FACE USANDO O FOG COMPUTING

O objetivo deste artigo é desenvolver uma solução de identificação por meio do reconhecimento de face usando processamento distribuído, reduzindo assim a necessidade de enviar dados de streaming para a nuvem e aumentar a flexibilidade de mover o hardware para o processamento local. À medida que a qualidade da câmera aumentou, houve um crescimento exponencial na quantidade de soluções de segurança de dados necessárias para transmitir. A arquitetura proposta tem como objetivo armazenar e processar dados localmente, relatando eventos de interesse do usuário.

3.1 Processo Proposto

O processo monitoramento é realizado em três etapas: registro, treinamento e monitoramento.

A etapa de registro é a primeira e consiste na inclusão de imagens de pessoas feitas por um usuário. Este usuário deve registrar pessoas, sendo necessário informar o nome e algumas fotos de seus rostos. Para melhorar a precisão do reconhecimento, é importante que pelo menos três fotos de cada pessoa sejam registradas.

A etapa de treinamento ocorre quando as pessoas e suas fotos são submetidas a um algoritmo de aprendizado de máquina para gerar um modelo que será utilizado para realizar a identificação facial e reconhecimento da pessoa cadastrada previamente nessa base de dados.

Finalmente, na etapa de monitoramento as câmeras de vídeo são usadas para monitorar uma área para identificar pessoas conhecidas. Nesse passo, dois mecanismos são usados continuamente: detecção de rosto para detectar a presença de um rosto em uma imagem e, ao detectar uma pessoa, reconhecimento de rosto. Em seguida, conforme configurado anteriormente, são gerados alertas e notificações sobre as pessoas detectadas nas imagens.

3.2 Arquitetura Proposta

A solução é baseada no uso dos paradigmas IoT, *Fog* e *Cloud Computing*. Ao reconhecer um usuário, o dispositivo envia uma notificação ao *Middleware* informando que um usuário específico entrou na sala, permitindo que sensores e dispositivos inteligentes sejam controlados de acordo com o perfil. O *Fog Computing* oferece a possibilidade de usar recursos distribuídos na rede interna ou em sua borda. A computação em nuvem oferece a possibilidade de usar recursos de computação praticamente infinitos.

A solução proposta envolve câmeras de vídeo, um dispositivo inteligente, um sistema de registro e um módulo de treinamento, conforme mostrado na Figura 1.

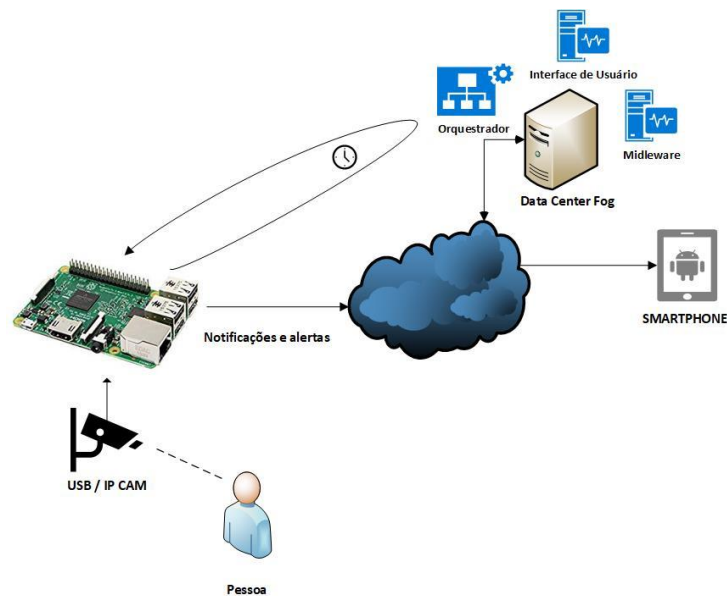


Figura 1. Arquitetura de solução de câmera inteligente usando *Fog Computing*

- 1) Interface do usuário (UI): A interface do usuário (UI) é o ambiente no qual o usuário pode interagir com a funcionalidade de registro do sistema. Esse componente é utilizado em nuvem. O registro das pessoas ocorrerá no UIMS [Dutra *et al.*]. O UIMS enviará ao orquestrador as imagens a serem usadas no treinamento do algoritmo.
- 2) Orquestrador: o orquestrador é instalado utilizando arquitetura de *Fog computing* perfeitamente com outros dispositivos. Ele tira proveito do recurso de composição de *Fog*, como alocação de recursos e proximidade do usuário.

- 3) Módulo de Treinamento utilizando *Fog*: o módulo de treinamento pode ser instalado em um *datacenter* em nuvem remoto ou em um *datacenter* de rede local. Sua responsabilidade é receber o registro e o treinamento do algoritmo que será enviado aos dispositivos inteligentes. Esse transformará as imagens em casamentos de 128 dimensões, gerando um arquivo *pickle* que salvará todas as informações no formato de *bytes*. Este arquivo contém informações sobre cada foto no formato de incorporação, garantindo que cada imagem seja exclusiva no conjunto de dados gerado anteriormente.
- 4) Câmeras de vídeo: As câmeras de vídeo devem estar operando no ambiente físico a ser monitorado, conectado ao *SmartDevice* por conexão USB ou LAN. É importante ressaltar que as câmeras IP podem ser instaladas na rede local ou na Internet, mas sua operação será dificultada pela maior latência inerente a esse ambiente.
- 5) Dispositivo inteligente: o dispositivo inteligente instalado na rede local interage com as câmeras via interface USB ou interface IP, desde que seja possível acessar o *streaming* de vídeo através de qualquer uma dessas interfaces.

O dispositivo inteligente consiste em módulos de detecção, identificação, sincronização e notificação. Existem dois dispositivos físicos locais para processamento distribuído, um para detecção de face e outro para classificação de face. Quando faces conhecidas são encontradas, elas são enviadas para um módulo de sincronização na nuvem para possíveis alertas.

O fluxo da imagem é submetido a um método de detecção de rosto chamado Histogramas de Gradientes Orientados (HOG) [Dalal & Triggs], que detecta a presença de rostos em um quadro. Quando um rosto é detectado em uma imagem, ele é destacado e enviado ao módulo de identificação via soquete TCP. Mais de uma face pode ser identificada ao mesmo tempo, encontrando cenários com mais de uma pessoa na porta por vez.

As imagens dos rostos identificados, serão convertidas em 68 pontos para o alinhamento do rosto a partir do algoritmo chamado estimativa do marco da face [Kazemi & Sullivan]. Logo após esse alinhamento, é gerada uma incorporação 128-D compacta, usando um modelo pré-treinado, baseado na função de perda baseada em tripletos, a partir do método apresentado em [Schroff & Philbin]. O modelo foi pré-treinado e disponibilizado pelo projeto *OpenFace* [Amos & Satyanarayanan]. Após gerar esses pontos, usamos um classificador chamado SVM (*Support Vector Machine*) [Rüping] para comparar os 128 componentes de face encontrados com os rostos registrados em seu banco de dados. Esta análise pode resultar em identificação do usuário ou informar que não existe esse rosto cadastrado na base de dados.

O módulo de notificação envia ao IoT *Middleware* que alguém entrou na sala. Será enviado junto com a mensagem, a foto capturada pela câmera e o nome da pessoa reconhecida. Se a pessoa não tiver sido identificada, o nome desconhecido será enviado. Também é enviada uma notificação ao programa de mensagens instantâneas para facilitar a visualização do evento pelo usuário.

O módulo de sincronização é responsável pela comunicação com o nó *Fog* e a nuvem para receber atualizações do banco de dados e enviar telemetria de integridade do dispositivo para esse controlador. Esse processo é descrito em mais detalhes na Seção 3.3.

3.3 Processamento dos Dados e Sincronização

O treinamento de modelos de aprendizado de máquina e análise de vídeo são atividades que exigem muitos recursos computacionais de processamento, armazenamento e largura de banda da rede. Com o objetivo de simplificar e diminuir os custos da solução, optamos por aproveitar os recursos dos paradigmas de IoT e *Fog Computing*, e os principais recursos explorados em nossa solução foram a distribuição de recursos e a cooperação de dispositivos.

A distribuição de recursos ocorre porque as atividades que exigem mais recursos computacionais são executadas em computadores remotos, baseados em nevoeiro ou na nuvem. O resultado desse processamento é propagado para recursos com menos poder de processamento, como o *Smart Device*.

O *Fog Trainer* busca dados do banco de dados de *middleware* da IoT e realiza o treinamento. Esse novo treinamento é enviado para as câmeras inteligentes que fazem parte da rede. A *Smart* Câmera envia a telemetria de sua operação ao *Fog Trainer* para apoiar sua decisão sobre o treinamento a ser realizado.

Por fim, o dispositivo remoto irá fazer consultas periódicas ao controlador *Fog*, verificando uma nova versão do algoritmo treinado para *download*. Depois de obter o algoritmo treinado, o dispositivo inteligente transmitirá dados das câmeras locais para iniciar o processo de reconhecimento de rosto.

4. TESTES E RESULTADOS

Esse protótipo foi instalado na porta de acesso do nosso laboratório, em um ângulo em que era possível detectar a entrada de pessoas pela porta.

A interface do usuário foi instalada na nuvem. O *Trainer Fog* e o Orquestrador foram instalados nos computadores da rede local. O *Smart Device* foi construído usando um Raspberry Pi III e foi conectado a uma câmera conectada à interface USB com resolução Full HD e uma taxa de atualização de 11 quadros por segundo. O módulo de notificação foi configurado para enviar as informações ao *middleware* e a um *bot* do Telegram.

Para esse experimento, 11 pessoas diferentes foram registradas no sistema, entre um universo de 30 pessoas que participavam do laboratório. Conforme destacado na Figura 2, foram usadas fotos dos rostos tirados da própria câmera, bem como fotos capturadas utilizando *smartphones*.



Figura 2. Exemplo de conjunto de treinamento para dois usuários conhecidos

Durante 48 dias de experimentos, 802 imagens de rostos foram identificadas em condições de luz ambiente que variavam de acordo com os diferentes períodos do dia. Vinte e cinco por cento de todas as imagens obtidas foram de pessoas registradas no sistema de reconhecimento facial, e o algoritmo teve êxito para sua classificação de forma correta em 80,40% dos casos, como mostrado na Figura 3. A solução proposta falhou em identificar 27,03% das imagens classificadas como desconhecidas e na Figura 4 descreve essa abordagem, pois foram incluídas no banco de dados. A classificação ocorreu aproximadamente em 75% de todas as amostras obtidas.

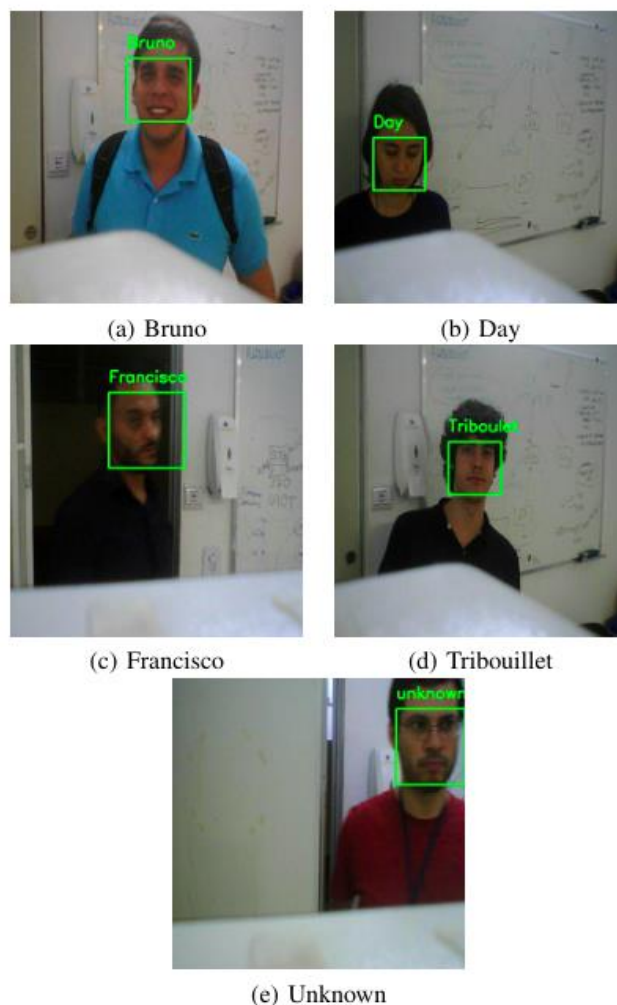


Figura 3. Reconhecimento correto dos membros do laboratório através da solução proposta

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho, desenvolvemos uma solução menor, mais leve e com menor consumo de energia. Os resultados de nossa solução proposta são altos, e o desenvolvimento do modelo foi possível alcançar esses números devido ao treinamento ter sido realizado de forma distribuída. De acordo com nossos resultados, uma precisão próxima a 80 % é obtida para pessoas conhecidas e 72,96 % para pessoas desconhecidas.

Para trabalhos futuros, esperamos incluir uma quantidade maior de faces em nosso conjunto de dados para aumentar os resultados. Também pretendemos usar algoritmos diferentes combinados com duas câmeras que podem ser implementadas para obter um desempenho superior.

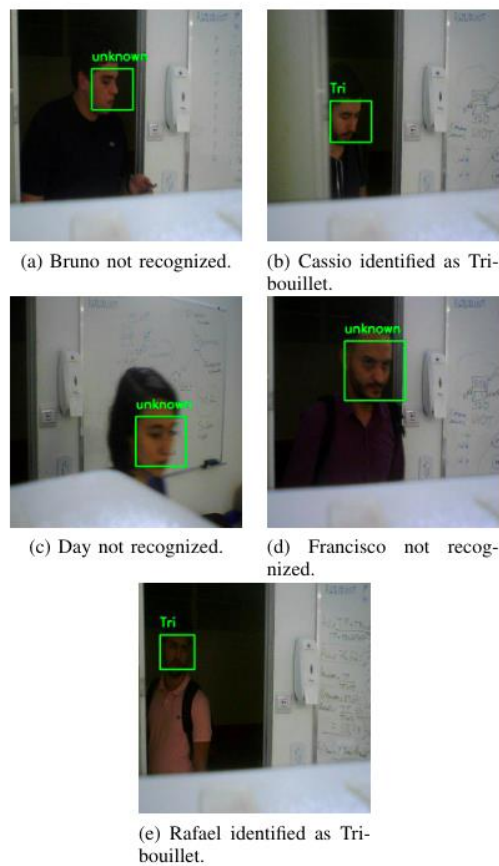


Figura 4. Identificação incorreta de membros do laboratório através de solução proposta

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio financeiro dos Conselhos de Pesquisa do Brasil CNPq (Convênio 465741 / 2014-2 INCT sobre segurança cibernética), CAPES (Convênio 23038.007604 / 2014-69 FORTE), FAP-DF (Bolsas 0193.001366 / 2016 UIoT e 0193.001365 / 2016 SSDDC), bem como o Laboratório LATITUDE / UnB (Convênio 23106.099441 / 2016-43 SDN), o Ministério da Economia (Convênio 005/2016 DIPLA e 083/2016 ENAP) e o Escritório de Segurança Institucional da Presidência da República da Brasil (Convênio 002/2017).

REFERÊNCIAS

- Amin, A. H. M., Ahmad, N. M., & Ali, A. M. M. (2016, Maio). Decentralized face recognition scheme for distributed video surveillance in IoT-cloud infrastructure. In *2016 IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP)* (pp. 119-124). IEEE.
- Amos, B., Ludwiczuk, B., & Satyanarayanan, M. (2016). Openface: A general-purpose face recognition library with mobile applications. *CMU School of Computer Science*, 6.
- Dalal, N., & Triggs, B. (2005, Junho). Histograms of oriented gradients for human detection.
- Dutra, B. V.; Alencastro, J. F.; Caldas Filho, F. L.; Martins, L. M. C. e; de Sousa Júnior, R. T.; Albuquerque, R. de O. (2019, Junho). HIDS by signature for embedded devices in IoT networks. In *Actas de las V Jornadas Nacionales de Ciberseguridad (JNIC 2019)* (pp. 53-61). Universidad de Extremadura.
- Geitgey, A. & Nazario, J. (2017), *Repositório de código* [Face Recognition]. Consultado em 2019, Julho 30. Disponível em https://github.com/ageitgey/face_recognition/

- Hossain, M. S., Muhammad, G., Rahman, S. M. M., Abdul, W., Alelaiwi, A., & Alamri, A. (2016). Toward end-to-end biometrics-based security for IoT infrastructure. *IEEE Wireless Communications*, 23(5), 44-51.
- Jin, J., Gubbi, J., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2014). An information framework for creating a smart city through internet of things. *IEEE Internet of Things journal*, 1(2), 112-121.
- Kazemi, V., & Sullivan, J. (2014). One millisecond face alignment with an ensemble of regression trees. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 1867-1874).
- King, D. E. (2009). Dlib-ml: A machine learning toolkit. *Journal of Machine Learning Research*, 10(Jul), 1755-1758.
- Libralon, G. L., & Romero, R. A. F. (2014, Outubro). Mapping of facial elements for emotion analysis. In *2014 Brazilian Conference on Intelligent Systems* (pp. 222-227). IEEE.
- Mano, L. Y., Faiçal, B. S., Nakamura, L. H., Gomes, P. H., Libralon, G. L., Meneguete, R. I., ... & Ueyama, J. (2016). Exploiting IoT technologies for enhancing Health Smart Homes through patient identification and emotion recognition. *Computer Communications*, 89, 178-190.
- Mitchell, T. M., & Learning, M. (1997). Mcgraw-hill science. *Engineering/Math*, 1, 27.
- Rathore, M. M., Ahmad, A., & Paul, A. (2016, Outubro). IoT-based smart city development using big data analytical approach. In *2016 IEEE international conference on automatica (ICA-ACCA)* (pp. 1-8). IEEE.
- Rüping, S. (2001). *SVM kernels for time series analysis* (No. 2001, 43). Technical Report, SFB 475: Komplexitätsreduktion in Multivariaten Datenstrukturen, Universität Dortmund.
- Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin, J. (2015). Facenet: A unified embedding for face recognition and clustering. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 815-823).
- Shi, W., & Dustdar, S. (2016). The promise of edge computing. *Computer*, 49(5), 78-81.
- Stojmenovic, I. (2014, Novembro). Fog computing: A cloud to the ground support for smart things and machine-to-machine networks. In *2014 Australasian Telecommunication Networks and Applications Conference (ATNAC)* (pp. 117-122). IEEE.
- Swamy, S. N., & Sowmyarani, C. N. (2018, Março). Repeated data management framework for IoT: A case study on weather monitoring and forecasting. In *2018 4th International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT)* (pp. 1-7). IEEE.
- Tsai, C. W., Lai, C. F., Chiang, M. C., & Yang, L. T. (2013). Data mining for internet of things: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(1), 77-97.
- Viola, P., & Jones, M. (2001). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. *CVPR (1)*, 1(511-518), 3.

ESTUDO DE SOLUÇÕES VPN SITE-TO-SITE SEGUNDO AS TÉCNICAS CRIPTOGRÁFICAS EMPREGADAS

André Luiz L. Andrade, Pedro Burached de Oliveira, Francisco Lopes de Caldas Filho,
Ugo Silva Dias, Rafael Timóteo de Sousa Júnior e Robson de Oliveira Albuquerque
Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília - DF, Brasil - Zipcode 70910-900

ABSTRACT

Currently, methods to protect information in networks have become essential for applications that target sensitive data traffic. For this, Virtual Private Networks (VPNs) play a key role in securing attributes such as confidentiality, authenticity, and integrity of the data packets that are submitted to the worldwide network. This paper presents a study of some characteristics of 3 *opensource* VPN softwares (*StrongSwan*, *OpenVPN* and *Wireguard*) in order to make a fair comparison between the cryptographic techniques employed by them in site-to-site tunnels.

PALAVRAS-CHAVE

Virtual Private Network (VPN), Desempenho, *Jitter*, *Overhead de Payload*, RTT

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, cada vez mais se faz necessário às atividades humanas a troca de informações pela internet, de maneira que a criação de métodos que visam a segurança dos dados trafegados pela rede mundial se tornam gradativamente mais importantes.

Segundo (Heyman, 2007) as conexões de rede privada virtual (VPN) estabelecem conexões seguras entre um usuário remoto e uma rede doméstica criptografando pacotes enviados pela Internet em vez de criar uma verdadeira rede privada. Sendo assim, pode-se afirmar que a utilização de VPNs tem colaborado diretamente no estabelecimento de conexões seguras entre redes, sem a necessidade de construção de infraestrutura adicional complexa, uma vez que, dependendo do cenário de uso, pode se tornar extremamente caro e problemática dependendo das características das redes comunicantes.

Existem diversas opções de softwares que permitem a construção de VPNs disponíveis no mercado, e a escolha correta de qual utilizar se baseia em fatores técnicos. Entre tais fatores, podem ser citados o incremento no consumo de CPU e memória nos concentradores VPN, aumento do RTT e *jitter* na comunicação, além do incremento no tamanho dos pacotes. Estes e outros fatores precisam ser levados em consideração para que seja definido qual aplicação se adequa melhor ao cenário de rede proposto.

Nesse sentido, este artigo propõe analisar características técnicas, além de comparar a performance de *jitter*, RTT e *overhead de payload* de 3 softwares *opensource* de VPN: *StrongSwan*, *OpenVPN* e *Wireguard* inseridos em um ambiente de topologia site-to-site.

Este artigo está organizado conforme se segue. Na Seção 2 são apresentados alguns trabalhos relacionados ao tema do artigo, na Seção 3 descreve algumas características e software importantes para o contexto do trabalho. A Seção 4 apresenta os cenários de testes e os respectivos resultados com algumas discussões técnicas. A Seção 5 finaliza o artigo com as conclusões e possíveis trabalhos futuros.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Com o objetivo de entender e levantar novas possibilidades para o objeto de estudo abordado neste artigo, foram revisados alguns trabalhos que possuem finalidades comuns aos que este apresenta.

O primeiro (PUDELKO, 2018) compara as mesmas soluções *opensource* de VPN em uma topologia site-to-site, também abordado neste documento. Entretanto, o autor opta por avaliar outras métricas que não incluem *jitter*, RTT e *overhead* de *payload*, além de realizar seus experimentos por meio de uma simulação em hardware, enquanto neste trabalho, todas as simulações foram implementadas em ambiente virtual e executadas em software. Assim como neste trabalho, nos testes realizados por Pudelko, foi utilizado tráfego UDP em cima do protocolo IPv4, tendo em vista que este tipo de fluxo não depende de nenhum tipo de feedback da outra ponta comunicante.

Seguindo o mesmo padrão, o trabalho (Aleksandra e Savić, 2016) aborda apenas o software *StrongSwan* e compara o desempenho da taxa de transferência entre os algoritmos de criptografia disponíveis pelo software. Nesse trabalho, o autor opta por utilizar OSPF como protocolo de roteamento, enquanto neste optou-se pelo estabelecimento de rotas estáticas configuradas manualmente em cada um dos componentes responsáveis pelo encaminhamento de pacotes até atingir o servidor. Como neste artigo, o IPSec foi implementado em modo túnel e não apresentou uma diferença perceptível na taxa de transferência quando os algoritmos de integridade foram revezados, o que indica uma escolha adequada do artigo em escolher somente um algoritmo de integridade e comparar apenas os algoritmos de criptografia no parâmetro ESP em seu arquivo de configuração.

O trabalho (Khanvilkar, Khokhar, 2004) aborda as mesmas métricas apresentadas neste trabalho. No entanto, utiliza-se de outros softwares para a realização de testes que não incluem o *StrongSwan* e o *Wireguard*. Além disso, os testes foram feitos em ambiente físico real, o que pode representar uma perda significativa de desempenho, dependendo do ambiente. As métricas de *jitter* e RTT, assim como neste trabalho, foram obtidos utilizando o software *Iperf* e através do próprio sistema operacional Linux pelo comando *ping*.

Quanto à segurança de algoritmos de criptografia e software que implementam VPNs, foi utilizada como referência, a dissertação de mestrado (WU, 2019), que destaca a segurança do novo protocolo desenvolvido pelo *Wireguard* com o objetivo de estabelecer túneis seguros, o que indica que o protocolo é sólido e recomendado para a finalidade que se propõe. Para fins de estudo e estabelecimento de métricas para os algoritmos de criptografia utilizados nas implementações VPN, como tamanho de chave e complexidade, foi utilizado o artigo (Jorstad and Landgrave, 1997) para mensurar a força dos algoritmos de criptografia disponibilizados pelos softwares que estão sendo comparados.

3. CONCEITOS RELACIONADOS

Esta seção aborda os principais conceitos teóricos a respeito dos softwares VPN escolhidos para análise deste trabalho.

3.1 *StrongSwan*

A pilha de protocolos TCP/IP sozinha não é capaz de manter os dados em segurança, o que significa que qualquer atacante usando uma ferramenta sniffer pode acessar facilmente os dados que estão transitando na rede, desde que tenha acesso de alguma forma ao meio de comunicação. Essa condição traz severas implicações à segurança dos dados transportados. Por esse motivo, o IPSec cifra os dados que se utilizam dele e é possível operá-lo, não apenas na internet, mas também em VPNs. O *StrongSwan* é um software VPN *opensource* baseado no protocolo IPSec capaz de estabelecer túneis seguros na camada 3 do modelo OSI.

O IPSec tem dois modos de operação: modo transporte e modo túnel. O modo túnel do IPSec, escolhido para as simulações deste trabalho, opera de tal forma que o pacote IP é completamente encapsulado em um novo pacote cifrado e transferido ao ponto final do túnel, onde o software VPN ativo decifra este pacote e o repassa para o dispositivo final. Esse modo de operação é considerado mais seguro, tendo em vista que o endereço IP do remetente e do destinatário estão protegidos pelo algoritmo de criptografia escolhido pelo administrador. Todavia, quando o IPSec atua em modo transporte apenas o *payload* do pacote é cifrado, permitindo que um eventual atacante acesse o endereço IP original do emissor e do destinatário do túnel, além de metadados intrínsecos ao cabeçalho de rede do pacote, o que, dependendo da aplicação, pode ser considerado uma falha de segurança na sua prática.

3.2 OpenVPN

O OpenVPN é uma solução VPN que faz uso do mecanismo seguro TLS/SSL para autenticação e troca de chaves entre dispositivos que desejem se comunicar de forma virtual e privada (FEILNER, 2006). O software utiliza-se do mecanismo HMAC para garantir a integridade dos pacotes entregues e pode ser configurado para operar com chaves pré-compartilhadas (PSK) ou usando certificados emitidos por autoridades certificadoras, como por exemplo o X.509. O software apresenta algumas vantagens como: flexibilidade na conexão (TCP / UDP) e é compatível com a maioria dos sistemas operacionais, incluindo o Windows.

3.3 Wireguard

O Wireguard é uma nova solução VPN, ainda em desenvolvimento, que difere das outras soluções por ter um nível de segurança e desempenho diferentes dos demais. Um dos fatores se deve a sua escolha no uso do processo de cifra modernos, mas ainda não explorado por outras tecnologias de tunelamento (WU,2019). O software implementa um túnel de rede seguro como um kernel da interface de rede virtual do Linux que pretende substituir soluções baseadas em IPsec e TLS, como o caso do *StrongSwan* e do OpenVPN.

Diferentemente do processo de identificação em softwares VPN tradicionais, no Wireguard existe um mapeamento de associação entre chaves públicas e endereços IP autorizados, o que se denomina em termos técnicos por *cryptokey routing*. O *handshake* e o mecanismo de derivação de chaves incluem um hash do número da versão do protocolo, fazendo com que duas implementações diferentes constituam em duas chaves diferentes. Essas medidas mantêm o software atualizado e evitam ataques de degradação, um tipo de ataque de negação de serviço (DoS) encontrados no SSL (PUDELKO, 2018).

4. ARQUITETURA PROPOSTA

A topologia padrão, destacada na Figura 1, representa a comunicação entre uma estação servidora e uma estação cliente. A comunicação cliente-servidor é intermediada por dois concentradores VPN e um roteador. As rotas estabelecidas no modelo são estáticas e totalmente implementadas em ambiente virtual, operando através do software Virtual Box.

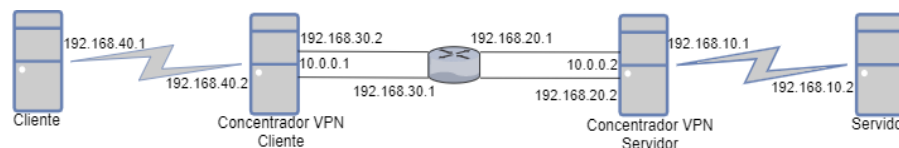


Figura 1. Topologia geral do experimento

Nas máquinas cliente e servidor, o sistema operacional usado foi o Debian 4.9.11. Foi utilizado o software Iperf para geração de tráfego UDP e o Wireshark para analisar os pacotes que passavam entre as máquinas. Os concentradores foram configurados apenas com os softwares VPN definidos na proposta de análise do trabalho, ambos com o sistema operacional Ubuntu 16.04.2. No roteador, o Wireshark foi instalado para análise do *overhead* do *payload* e observar se os pacotes que trafegam pelo túnel estão realmente cifrados, a fim de verificar a influência que os algoritmos de criptografia tem sob o desempenho da rede.

4.1 Métricas Consideradas

Para avaliação do comportamento das tecnologias VPN abordadas foram escolhidos 3 indicadores que serão responsáveis pela medição de desempenho das tecnologias: *jitter*, RTT e *overhead* do *payload*.

4.1.1 Jitter

De acordo com o trabalho de (HANCOCK, 2004), *jitter* é a variação da latência. É uma métrica de relevância principalmente para aplicações em tempo real como VoIP, jogos online e aplicações streaming em geral como

distribuidores de conteúdo como a Netflix e Spotify. No experimento realizado, os dados relacionados à esta métrica foram obtidos através do gerador de tráfego Iperf e podem ser usados para verificar sintomas de instabilidade na rede. Em todas as 20 amostras coletadas, um único modelo de tráfego foi gerado pelo software Iperf, que consiste em um fluxo de 60 segundos de pacotes UDP carregando consigo 1000 bytes de dados.

4.1.2 Round-Trip Time

Segundo (KUROSE, 2013), *Round Trip Time* (RTT) é o tempo que leva para um pacote viajar do cliente ao servidor e de volta ao cliente. As medições de RTT foram obtidas das métricas fornecidas do sistema operacional Linux com o comando ping. Um tráfego com o protocolo ICMP de 50 pacotes foi gerado no terminal da máquina cliente e retornou o tempo médio gasto durante a viagem de todos os dados de tráfego.

4.1.3 Overhead de Payload

No experimento realizado, o *overhead* do *payload* será dado pela proporção do tamanho do *payload* dos dados enviados pelo cliente e pelo tamanho do *payload* de dados que passam pelo túnel e capturados pelo roteador, após o processo de cifragem. Todas as capturas levadas em consideração foram feitas usando a ferramenta tcpdump e posteriormente visualizadas no software Wireshark. Com o processo de criptografia realizado pelos concentradores de VPN, espera-se um tamanho maior dos pacotes que trafegam pelo túnel. Para esse fim, é importante medir quanto está sendo adicionado aos dados no processo de criptografia.

4.2 Cenário I – Implementação com o Software *StrongSwan*

Para os testes realizados com o *StrongSwan*, implementado em máquinas virtuais, foi utilizado a topologia indicada pela figura 1. O protocolo IPsec foi configurado em modo túnel, com o atributo IKE igual a aes128-sha256-modp1024, o que indica os parâmetros utilizados para as trocas de chave o algoritmo de criptografia AES-128, o algoritmo de hash SHA-256, e modp1024 como grupo *Diffie-Hellman*. O parâmetro ESP foi o único argumento alterado durante os testes, onde foram configurados os algoritmos AES-128, AES-256, 3DES, Blowfish e o ChaCha20 para que se fizesse o estudo comparativo proposto neste trabalho.

4.2.1 Resultados e Análise Para o Cenário I

Vinte amostras dos testes realizados foram coletadas e os resultados mostram que, independentemente dos algoritmos de criptografia escolhidos, o *jitter* apresenta uma considerável variação entre as amostras. Os algoritmos que apresentam uma média de *jitter* mais baixa são o Blowfish e o AES-128, enquanto algoritmos como o AES-256 mostram uma variação de RTT mais alta e podem ser vistos, em uma primeira análise, como algoritmos inadequados para serviços de streaming ou aplicações em tempo real. A Tabela 1 resume a média aritmética e mediana das amostras coletadas.

Tabela 1. Média aritmética e mediana do *jitter* no cenário I

	<i>AES 256</i>	<i>AES 128</i>	<i>ChaCha20</i>	<i>3DES</i>	<i>Blowfish</i>
Média	0.1785	0.1233	0.1239	0.1389	0.1131
Mediana	0.1665	0.1170	0.1055	0.1335	0.0190

Em relação ao tempo gasto de ida e volta dos pacotes ICMP observa-se, na Figura 2, que a técnica de criptografia empregada com o menor *Round Trip Time* foi o AES com tamanho de chave igual a 128 bits, enquanto o maior RTT foi obtida ao implementar o algoritmo de cifra de fluxo ChaCha20.

Diferente do resultado esperado, os algoritmos de cifra de bloco tiveram um desempenho de RTT melhor que o Chacha20 (cifra de fluxo). Em relação a diferença de desempenho do algoritmo AES-128 com o AES-256, julga-se ser pelo fato de o algoritmo AES-128 usar uma chave menor e, conseqüentemente, executar um número menor de rounds no processo de criptografia. Tendo em vista que a quantidade de dados trafegados no teste (50 pacotes ICMP) não é significativamente grande, o desempenho do ChaCha20 não supera a dos algoritmos de cifra de bloco nas circunstâncias em que os testes são feitos neste experimento

Para o caso do experimento com o *StrongSwan*, que implementa o protocolo IPsec, há 8 bytes a mais de *payload* em comparação com os outros dois softwares estudados por conta do cabeçalho da camada de transporte (UDP) fazer parte do *payload* da camada de rede. Os resultados de *overhead* de *payload* apresentados utilizando o software *StrongSwan* não indicaram diferenciação do tamanho de pacote em relação

aos tamanhos de chave escolhido no algoritmo AES. As cifras ChaCha20, 3DES e Blowfish apresentam o mesmo *overhead* e mostraram-se mais otimizadas em relação ao AES nesta métrica, conforme mostra a Tabela 2.

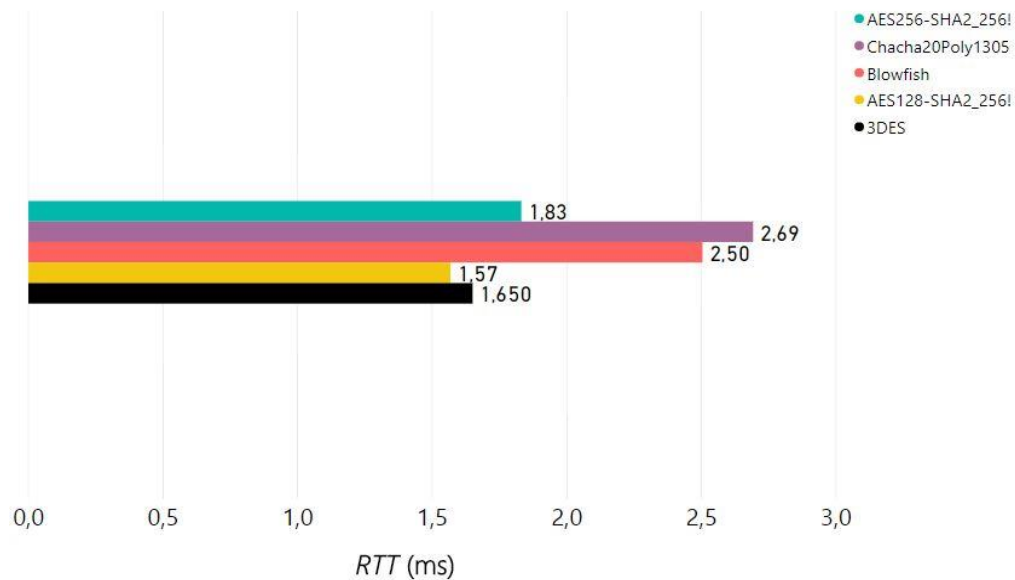


Figura 2. Média de RTT com *StrongSwan* Segundo as técnicas de criptografia empregadas

Tabela 2. *Overhead* de *payload* no cenário I

	AES 256	AES 128	ChaCha20	3DES	Blowfish
<i>Payload Original (bytes)</i>	1008	1008	1008	1008	1008
<i>Payload Cifrado (bytes)</i>	1080	1080	1080	1064	1064
<i>Overhead (%)</i>	7,14	7,14	5,55	5,55	5,55

4.3 Cenário II - Implementação com o Software OpenVPN

O túnel neste cenário foi configurado no modo de conexão UDP, padrão recomendado pelo software. A autenticação de pacote no OpenVPN é feita, por padrão, pela função de hash SHA1 com HMAC. No cenário do experimento, optou-se pela técnica PSK para a distribuição de chaves. O parâmetro cipher do arquivo de configuração foi a única variável alterada durante os testes, onde foram utilizados os algoritmos AES-256, AES-128, DES, 3DES e Blowfish, no modo Cipher Block Chaining (CBC).

4.3.1 Resultados e Análise do Cenário II

Na série de 20 amostras extraídas no cenário com o OpenVPN, é observado um desempenho satisfatório em relação ao *jitter* quando usados os algoritmos AES-128 e DES, enquanto o 3-DES mostrou-se um algoritmo inadequado para aplicações que exigem *jitter* baixo. A Tabela 3 mostra os resultados de média e mediana dos testes realizados.

De acordo com a Figura 3, pode-se observar que os algoritmos AES com chaves de tamanho 128 e 256 bits apresentam baixo RTT em relação aos algoritmos DES e Blowfish. Uma observação relevante para a análise do cenário com OpenVPN é o aumento de 86% no tempo de execução com o algoritmo 3DES em relação ao 3DES implementado no cenário usando o protocolo IPSec, indicando um desempenho muito abaixo do esperado. De acordo com (DONENFELD, 2018), o atraso acima da média observado nos testes de implementação do OpenVPN pode ser justificado pelas várias cópias feitas entre o espaço do kernel e o espaço do usuário do sistema operacional dos concentradores.

Tabela 3. Média aritmética e mediana do *jitter* no cenário II

	AES 256	AES 128	DES	3DES	Blowfish
Média	0,1897	0,1419	1,1804	0,2292	0,2267
Mediana	0,1855	0,1345	0,1890	0,2250	0,2310

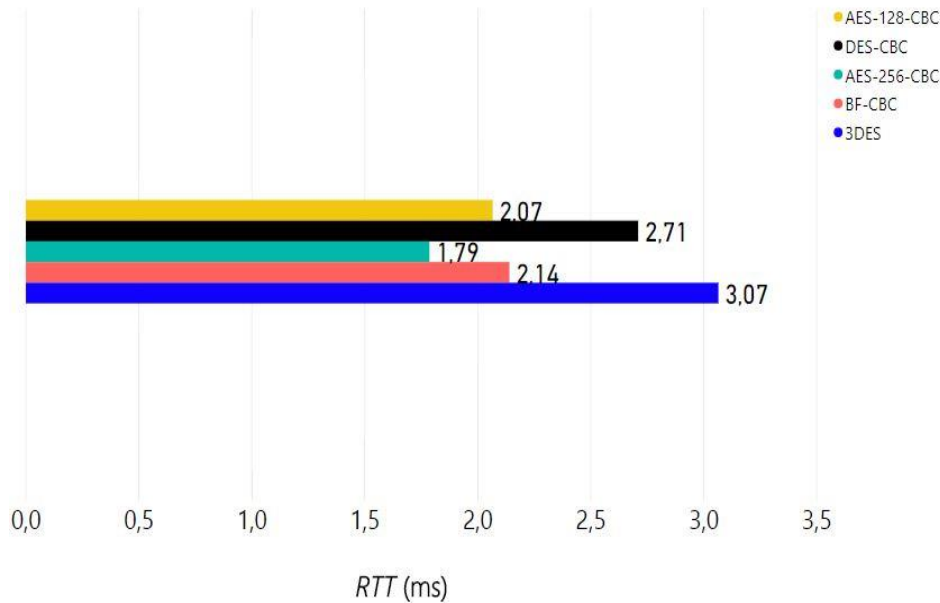


Figura 3. Média de latência com OpenVPN Segundo as técnicas de criptografia empregadas

O *overhead* apresentado pelo software OpenVPN aponta para um aumento considerável no número de bytes acrescentados pelo processo de criptografia em relação ao *StrongSwan*. Também podemos ver que não há diferenciação de *overhead* de *payload* com o tamanho da chave usada no algoritmo AES, como evidenciado na Tabela 4.

Tabela 4. *Overhead* de *Payload* no cenário II

	AES 256	AES 128	ChaCha20	3DES	Blowfish
<i>Payload Original</i> (bytes)	1000	1000	1000	1000	1000
<i>Payload Cifrado</i> (bytes)	1076	1076	1068	1068	1068
<i>Overhead</i> (%)	7,60	7,60	6,80	6,80	6,80

4.4 Cenário III – Implementação com o Software Wireguard

No caso do Wireguard, não há um algoritmo de criptografia a ser comparado, tendo em vista a limitação do software para implementar algoritmos de criptografia, suportando em sua versão (0.0.20190406-wg1~xenial), testada neste trabalho, somente o algoritmo ChaCha20.

4.4.1 Resultados e Análises para o Cenário III

Na série de 20 amostras extraídas do experimento realizado com o software Iperf, aplicando os parâmetros de tráfego padrão indicados na Seção 4.1.1, o *jitter* com o Wireguard apresenta uma média de 0,1928 ms, conforme indicado na Tabela 5. É um resultado dentro do esperado em comparação com os outros softwares testados. Vale observar que foi o resultado que apresentou a menor variação nos testes realizados. Nas 20 amostras coletadas, percebe-se maior regularidade em relação à sua média, trazendo maior confiabilidade em seus resultados. A Tabela 5 mostra os resultados do *jitter*, média e mediana para este cenário.

Tabela 5. Média aritmética e mediana do *jitter* no cenário III

	<i>ChaCha20</i>
Média	0.1928
Mediana	0,1905

O Wireguard obteve o resultado de 2,04 ms de RTT. O que pode ser considerado um resultado relativamente satisfatório em comparação com outros softwares testados. Deve-se reconhecer que, pelos testes realizados em um ambiente virtual, há uma influência relevante da limitação da CPU usada nos processos em execução nas máquinas, o que coopera para um desempenho limitado do Wireguard em relação ao IPSec implementando cifras como 3DES, AES-128 e AES-256.

O *overhead* de *payload* apresentado pelo Wireguard e pelo OpenVPN demonstram que mais bytes foram acrescentados ao *payload* do que nos testes realizados com o IPSec, conforme mostrado na Tabela 6.

Tabela 6. *Overhead* de *payload* no cenário III

	<i>ChaCha20</i>
Payload Original (bytes)	1000
Payload Cifrado (bytes)	1072
Overhead (%)	7,20

4.5 Comparação entre os Resultados

Como forma de avaliar os resultados finais, a tabela 7 apresenta um resumo geral de cada teste e de cada ferramenta, com seu respectivo resultado, segundo os parâmetros avaliados.

Tabela 7. Comparação geral entre os resultados obtidos

Camada	VPN	Métrica	Algoritmo Criptográfico					
			Bloco					Fluxo
			DES	3DES	AES 128	AES 256	BLOWFISH	CHACHA20
IP	STRONGSWAN (IPSEC)	Jitter (ms)	-	0,1297	0,1315	0,1855	0,139	0,1325
		Latency (ms)	-	1,65	1,57	1,83	2,50	2,69
		Overhead payload (%)	-	5,55	7,14	7,14	5,55	5,55
Transporte	OPENVPN	Jitter (ms)	0,1820	0,2448	0,1764	0,1991	0,2667	-
		Latency (ms)	2,71	3,07	2,07	1,79	2,14	-
		Overhead payload (%)	6,80	6,80	7,60	7,60	6,80	-
	WIREGUARD	Jitter (ms)	-	-	-	-	-	0,1919
		Latency (ms)	-	-	-	-	-	2,04
		Overhead payload (%)	-	-	-	-	-	7,20

5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho foram abordadas 3 tecnologias *opensource* que implementam VPNs segundo as técnicas criptográficas empregadas, com o objetivo de evidenciar seu desempenho e limitações de acordo com as métricas escolhidas. Um fato que deve ser levado em consideração é a limitação computacional de processamento e memória, intrínsecas ao ambiente utilizado composto por máquinas virtuais. Entende-se que existe a possibilidade para novos testes com implementações em sistemas reais com recursos computacionais mais robustos, tendo em vista que espera-se que quanto maior a capacidade computacional de um sistema, mais sensível os resultados são em relação aos algoritmos de criptografia implementados, devido a velocidade de processamento dos mesmos.

Com relação a estudos de segurança, com o avanço cada vez maior da capacidade computacional, pode-se esperar que caso um atacante tenha conhecimento acerca das métricas de *overhead* de *payload* dos algoritmos de criptografia, usando por exemplo, métodos de inteligência artificial, é possível analisar este dado e inferir qual algoritmo poderia estar sendo utilizado no túnel. Isto é uma hipótese que necessita de estudos mais aprofundados, mas entende-se que é possível realizar esta análise como um dos parâmetros para se estimar um algoritmo de criptografia empregado na comunicação cifrada.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio das Agências brasileiras de pesquisa, desenvolvimento e inovação CNPq (Projeto INCT em Segurança Cibernética 465741/2014-2), CAPES (Projeto FORTE 23038.007604/2014-69 e PROBRAL 88887.144009/2017-00) e Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal FAPDF (Projetos UIoT 0193.001366/2016 e SSDDC 0193.001365/2016), bem como do Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (TED 002/2017) e do Laboratório LATITUDE/UnB (Projeto SDN 23106.099441/2016-43).

REFERÊNCIAS

- Christof Paar e Jan Pelzl, 2009 "Understanding Cryptography". Published by Springer. Bochum, Germany.
- Eric Crist and Jan Just Keijsers, 2015 "Mastering OpenVPN", Packt Publishing, ISBN: 978-1-78355-313-6.
- Francisco L. de Caldas Filho, Rafael T. de Sousa Júnior, Lucas M. C. e Martins, Ingrid Palma Araújo, Fábio L. L. de Mendonça and João Paulo C. L. da Costa, 2017 "Design and Evaluation of a Semantic Gateway Prototype for IoT Networks", University of Brasília.
- Heyman, Karen, 2007 "A new virtual private network for today's mobile world." *Computer* 40.12 (2007): 17-19.
- J. Hancock, 2004 "Jitter - understanding it, measuring it, eliminating it part 1: Jitter fundamentals," *High Frequency Electronics*, pp. 44–50.
- Jason A. Donenfeld, 2018 "WireGuard: Next Generation Kernel Network Tunnel".
- Kurose, James F and Ross, Keith W, 2013 "Computer Networking: A Top Down Approach" Boston, MA, USA.
- Markus Feilner, 2006 "OpenVPN Building and Integrating Virtual Private Networks", Packt Publishing, Birmingham, B27 6PA, UK.
- Maximilian Pudelko, 2018 "Performance Analysis of VPN Gateways", Department of Informatics, Technical University of Munich.
- Norman D. Jorstad and T. S. Landgrave, 1997 "Cryptographic algorithm metrics", 20th National Information Systems Security Conference, Baltimore, MD.
- Peter Wu, 2019 "Analysis of the WireGuard protocol", Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computer Science.
- Redžovic, Hasan and Smiljanić, Aleksandra and Savić, Bogdan, 2016 "Performance evaluation of Software Routers with VPN features" 24th Telecommunications Forum (TELFOR), pages: 1–4, IEEE, 2016.
- Shashank Khanvilkar and Ashfaq Khokhar, 2004 "Virtual Private Networks: An Overview with Performance Evaluation", University of Illinois at Chicago, 2004 IEEE, *IEEE Communications Magazine* - pages 146–154.

ESTATÍSTICAS PARA DETECÇÃO DE BOTS EM REDES SOCIAIS

Caio Henrique Assad Racy, Kelton Augusto Pontara da Costa, Miguel José das Neves
e Thiago José Lucas

Unesp - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, São Paulo, Brasil

RESUMO

A presente pesquisa é um estudo sobre as estatísticas para detecção de social bots, com estudos voltados para a análise de bots de seguidores falsos conhecidos. Esta pesquisa tem como objetivo analisar por meio de métodos estatísticos de média, desvio padrão e variância, além do uso do Método de Regressão Linear Simples na possibilidade e usabilidade de detectar bots maliciosos mencionados. De acordo com o estudo bibliográfico desenvolvido, é possível mostrar como a estatística pode ser útil nas diferenças entre usuários reais de bots, além de poder melhorar métodos e usar vários outros para refinar a pesquisa. Os métodos utilizados na pesquisa foram principalmente quantitativos, a partir da análise das características de um banco de dados pronto. Por fim, a pesquisa constatou que a estatística é muito útil para analisar esse tipo de bot, com resultados extremamente diferentes entre os usuários.

PALAVRAS-CHAVE

Estatísticas, Redes Sociais, Detecção, *Social Bots*

1. INTRODUÇÃO

Ataques cibernéticos ocorrem constantemente e tem o intuito de capturar informações e utilizar-se de outros sistemas para ganho pessoal. Nesse contexto surge o conceito de *bot*, palavra inglesa derivada de “*robot*” (robô) que significa software de automatização de procedimentos e que no momento atual, seu foco principal é na aplicação maliciosa para obtenção de dados de usuários e empresas.

De acordo com Qamar, Karim e Chang (2019), um programa de computador é considerado malicioso quando se dispõe de mecanismos de comunicação com o invasor, permitindo o controle remotamente do sistema, sendo capaz de se propagar automaticamente e com isso explorar as mais variadas vulnerabilidades existentes.

Os *bots* são mais difíceis de serem detectados, em relação aos outros malwares, estes podem ser controlados remotamente, ficando em estado de hibernação até o momento oportuno, quando o invasor necessita realizar algum comando ou mesmo que de modo automático, procedendo durante o modo de espera do computador. É o que afirmam Carna (2012) e Distils (2018). Os autores ainda complementam afirmando que as principais ações maliciosas causadas pelos *bots* retratam ataques de negação de serviço (DDoS), propagação de códigos maliciosos, coleta de informações, envios de spam e camuflagem da identidade do invasor. Empresas preocupadas com o crescimento de *bots* maliciosos, tem investido em pesquisas no intuito de aprimorar as ferramentas de detecção.

Alguns trabalhos relevantes são descritos a seguir: em Broniatowski et al. (2018) pode-se observar um importante cenário onde *bots* atuaram na Rússia com o objetivo de divulgar mensagens antivacina (saúde pública) impactando diretamente o debate público acerca do tema, o que documenta a amplitude dos problemas que podem ocorrer em virtude da existência de *bots* em redes sociais. Já em Campos et al. (2018) um experimento onde os autores obtiveram um excelente resultado (mais de 94% de acurácia) utilizando padrões da linguagem formal como objeto de classificação de contas no Twitter. Os testes foram realizados utilizando o algoritmo Random Forest em duas bases de dados; de acordo com os autores é capaz de detectar *bots* com uma precisão de 94% de acerto a sincronicidade. Outro trabalho relevante pode ser observado em Chavoshi et al. (2016a) onde os autores documentam um estudo realizado observando o fato de que seres humanos não podem ser altamente síncronos em relação às suas atividades nas redes sociais. O trabalho

referenciado por Chavoshi *et al.* (2016b), de forma diferente da maior parte dos outros esforços, foca em detectar *bots* não tratando as contas individualmente, mas observando a correlação entre diferentes usuários. O método obteve uma precisão de 94% para sucesso na detecção de *bots*.

Um trabalho que foca em detecção de *bots* em tempo real apresentado por Chen *et al.* (2017) foi desenvolvido por meio da criação de um protocolo, numa arquitetura que independe de linguagem, tópicos e palavras-chave, de forma não supervisionada. A ferramenta *BotOrNot* desenvolvida por Davis *et al.* (2016) é descrita como um sistema de avaliação online que pode classificar uma determinada conta como pertencente a um legítimo ser-humano ou não utilizando para tal mais de mil recursos. Um trabalho proposto por Efthimion *et al.* (2018) aborda um algoritmo de aprendizado de máquina que analisa comprimento do nome de usuários, taxa de repostagem, padrões temporais, expressão de sentimentos, relação seguidores e amigos além da variabilidade das mensagens para detecção de *bots*. O método é bastante eficaz pois apresentou nos testes uma taxa de erro de apenas 2,25%. O trabalho descrito por Haidermota e Pansare (2018) propõe um modelo de classificação de usuários utilizando aprendizado de máquina com o objetivo de analisar diferentes características entre humanos e *bots*. Os autores focaram nos méritos das postagens no Twitter e propriedades das contas. Outro importante estudo Howard *et al.* (2016) realizado durante o primeiro debate presidencial nas eleições norte-americanas de 2016. O esforço detectou diferentes tipos de comportamentos em relação ao candidato apoiado. Os resultados apontam para o favorecimento de um determinado candidato em relação ao outro por meio de atividade de *bots*, o que, assim como o proposto por Broniatowski *et al.* (2018), demonstra como os *bots* podem impactar a opinião pública. Morstatter *et al.* (2016) propuseram um método de detecção de usuários e *bots* que incrementa a curva *precision/recall* quando comparado a outros métodos, no que tange aos resultados. O mérito principal do trabalho está na quantidade de *bots* que são detectados em comparação a outras abordagens que refletiam o estado da arte quando da realização dos experimentos.

Este trabalho, tem como foco abordar métodos estatísticos para conseguir detectar representativamente *bots* maliciosos que trafegam pela rede. Como existem vários tipos de *bots*, optou-se por utilizar a análise em *bots* difundidos nas redes sociais, conhecidos por “*Social Bots*”, que podem ser considerados maliciosos quando tentam se passar por humanos a fim de influenciar opiniões e padrões nas redes sociais e disseminar notícias falsas.

Para o estudo utilizou-se uma base de dados com diversas contas da plataforma *Twitter*, a fim de analisar os aspectos humanos e verificar se é possível fazer uma análise estatística sobre o tipo de *bot*, com vertente em outros subtipos de *bots*:

Fake Followers: utilizados para espalhar falsa popularidade na rede, sendo comprados por pessoas que desejam aumentar seus números de seguidores, não possuem muita interatividade, mas servem para testar os métodos estatísticos, e utilizados nesta pesquisa como centro no estudo em questão.

Spam Bots: intuito é passar e divulgar informações nas redes sociais de forma descontrolada e em grandes quantidades para aumentar a captação de usuários que verão as informações. Podem ser considerados maliciosos quando as informações que são bombardeadas na rede são de cunho enganador e difamador, conhecida por *fake news*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A base de dados escolhida para análise faz referência aos *bots* sociais da plataforma do *Twitter*. O objetivo e contribuição deste trabalho é verificar a eficiência dos métodos estatísticos conhecidos como métodos básicos, tais como média, desvio padrão, variância e regressão linear simples, com intuito de poder detectar *bots* maliciosos do *Twitter* do tipo falsos seguidores, na tentativa de tornar esse processo mais ágil e automatizado.

2.1 Ambiente de Desenvolvimento

A linguagem R foi escolhida devido a sua facilidade em analisar grandes quantidades de dados, além de conseguir mostrar de forma visual os resultados obtidos. De acordo com Racine (2012) e Team (2000), o R é uma linguagem e um ambiente de desenvolvimento integrado para cálculos e dados estatísticos. Destacam-se como fatores positivos da linguagem R a variedade técnica de recursos, testes estatísticos clássicos, modelagem de dados lineares e não-lineares, análise de séries temporais e classificação.

2.2 Base de Dados

A base com dados da API (*Application Programming Interface*) do Twitter é a utilizada para este trabalho. O próprio Twitter fornece acesso aos dados via *Standard Search API*. A API é responsável pela padronização de transferência dos dados, no caso o Twitter utiliza no formato de texto JSON (*JavaScript Object Notation*).

A base de dados possui dados capturados de usuários considerados genuínos e de bots sociais, conforme pode ser observado por MIB (2018). A base é composta por arquivos no formato CSV (*Comma-separated values*), sendo o foco da análise os arquivos de usuários reais e de usuários *bots* caracterizados como falsos seguidores. A Tabela 1 e 2 apresentam as características dos arquivos.

Tabela 1. Informações quantitativas – usuários reais

ID	Quantidade
Número de registros	3474
Número de características	42

Tabela 2. Informações quantitativas – usuários falsos

ID	Quantidade
Número de registros	3351
Número de características	38

Para auxiliar os experimentos e igualar as bases, considerou-se apenas características em comum em ambas e que seriam de algum uso para os cálculos estatísticos, assim algumas características que não seriam relevantes para o estudo foram descartadas. A Tabela 3 apresenta as características relevantes para os experimentos.

Tabela 3. Campos relevantes levados em consideração

Nome	Descrição
id	chave de identificação
name	nome do usuário
screen_name	nome da conta do usuário
statuses_count	total de tweets
followers_count	quantidade de seguidores
friends_count	quantidade de amigos
favourites_count	quantidade de favoritos
listed_count	quantidade de listas públicas de um usuário
created_at	data de criação da conta
url	link de referência vinculado à conta
lang	linguagem cadastrada
time_zone	fuso horário do usuário
location	localização do usuário

2.3 Funções Estatísticas

Recursos pré-compilados e funções estatísticas já desenvolvidas facilitam o estudo da base de dados, centrando a preocupação principal em analisar e verificar o comportamento dos dados.

A fim de tornar a análise menos complexa, principalmente em sua modelagem, optou-se por medidas estatísticas rotuladas como simples, porém justificáveis, já que *bots* de cunho social se manifestam principalmente por variações dessas medidas.

As funções estatísticas utilizadas se encontram separadas desde cálculos de média e desvio padrão, até testes de hipóteses e regressão linear.

A média tem como objetivo distinguir dados médios de usuários reais e comparar com os dados obtidos em relação aos tipos de *bots*, no caso de falsos seguidores, dessa forma é possível seguir a análise com outras medidas, consideradas para refinar a comparação. O desvio padrão indica o erro em relação à média de um

conjunto de dados, o quanto sua característica se alterou em relação ao seu estado padrão, sendo, portanto, uma medida de dispersão. Assim é possível perceber quanto os *bots* são parecidos ou similares em seus desvios, quanto menor o desvio, maior a estabilidade e menor o erro em relação à média. Por fim, tem-se a variância como outra medida de dispersão, no caso é a raiz quadrada do desvio padrão, indicando a distância do valor para com a média e, quanto menor a variância, menor os valores estarão distantes da média e mais centrado estão os dados.

A Regressão Linear Simples (RLS) estuda a relação entre uma variável chamada de variável dependente e outra chamada de variável independente, sendo que essas duas variáveis no objeto de estudo são variáveis quantitativas. O grau de correlação é medido a partir do coeficiente de regressão linear (*cor*):

$0 < cor < 0.7 :$	regressão positiva fraca entre X e Y	
$cor \geq 0.7 :$	regressão positiva forte entre X e Y	
$cor = 0 :$	inexistência da relação linear	(I)
$-0.7 < cor < 0 :$	regressão negativa fraca entre X e Y	
$cor \leq -0.7 :$	regressão negativa forte entre X e Y	

2.4 Processamento dos Dados

Após preparar o ambiente, optou-se por carregar dois arquivos CSV de usuários do Twitter, sendo um com usuários reais (chamado de *users*) e outro de usuários falsos (chamado de *usersfake*). A partir desses dois carregamentos, utilizou-se duas funções para extrair informações básicas dos mesmos, tais como, cálculos de médias e desvios.

Para iniciar a análise regressiva, foi necessário alterar informações da base, principalmente se tratando de níveis gráficos e, a fim de encontrar alguma regressão coerente, fez-se diversos testes com as características contáveis das bases.

Uma das manipulações utilizadas foi a de retirar dados nulos ou vazios da base, que muitas vezes não permitia a plotagem de alguns gráficos, principalmente quando as características eram passadas para valores logarítmicos.

Após vários testes com várias características, na busca de algum de possíveis linearidades entre elas, as duas características de quantidade de amigos (*friends_count*) e quantidade de seguidores (*followers_count*) se mostraram linearmente dependentes, tendo a característica *friends_count* como variável resposta e a *followers_count* como preditora, ou seja, a quantidade de amigos está relacionada linearmente com a quantidade de seguidores que um usuário possui, o que faz sentido lógico, ao aumentar a quantidade de amigos, é natural que haja um aumento da quantidade de seguidores, sendo que por via de regra natural, os amigos também se tornam seguidores.

A partir da descoberta de suposta linearidade entre as variáveis, realizou-se cálculos que puderam mostrar o grau de correlação entre essas variáveis e como elas se comportam em relação a base de usuários falsos (*bots*). Para tal, usou-se comparações e teste de hipóteses para os cálculos simples e testes de correlação linear para as características que apresentaram suposta linearidade. Para os testes tomou-se:

$$\begin{array}{ll} H_0 : & \text{Bases iguais } (H_0 = 0) \\ H_1 : & \text{Bases diferentes } (H_0 \neq H_1) \end{array} \quad \text{(II)}$$

Para a estatística, a hipótese estabelecida é denominada hipótese nula ou H_0 . Em geral a hipótese é testada como uma hipótese alternativa que é totalmente diferente do resultado dela, ou seja, uma hipótese H_1 . A teoria do teste de hipótese simplesmente busca por regras e procedimentos para dizer se a hipótese nula (H_0) deve ser rejeitada ou não.

Existem duas abordagens para chegar à essa conclusão, seja pelo intervalo de confiança ou pelo teste de significância. Ambas são postuladas da mesma maneira: a variável ou característica em questão tem alguma distribuição de probabilidade e, o teste envolve a formulação de declarações ou afirmações sobre essa variável/característica e seus parâmetros.

Para o teste em questão foi utilizado o método *Bicaudal* ou *Bilateral* com o uso do intervalo de confiança de 95% na qual as hipóteses são extremas (ou igual ou diferente). Foi definido dessa maneira pois a partir dos

cálculos de médias, desvios e regressão, notou-se diferença expressiva nos resultados, conforme orienta Gujarati e Porter (2011).

Para que as hipóteses serem consideradas diferentes entre si, deve-se analisar o *p-value*, que nada mais é que o valor de probabilidade ou significância assintótica. Esse valor é muito utilizado no contexto de hipótese nula. Se o valor for muito baixo, isto é, se a probabilidade for menor que 5%, significa que é possível descartar a hipótese nula, portanto há diferença relevante estatisticamente entre as características em análise.

A partir do entendimento dos testes de hipótese, utilizou-se dois testes estatísticos para avaliar o *p-value* necessário e dizer se as características divergem ou não entre as bases. Os códigos do tipo *T-Student* e de correlação no R foram usados para avaliar o *p-value* necessário e dizer se as características divergem ou não entre as bases. Tais testes devolvem resultados com seu respectivo *p-value*, porém o teste T-Student normalmente é utilizado em testes de hipóteses simples que não envolvem relações de correlação entre as características, por esse motivo é aplicado o teste de correlação também, o qual analisa amostras emparelhadas. Portanto, o teste T-Student foi escolhido para verificar as hipóteses baseado nas médias, desvios e variâncias das bases. Já o teste de correlação foi utilizado para medir as características que possuem algum grau de correlação, que são citadas anteriormente (*friends_count*, *followers_count*, entre algumas outras para comparação).

Segundo Mukaka (2012), para descobrir qual o grau de correlação entre as características, utilizou-se da função que retorna o valor entre os graus citados na Equação I.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os resultados, a priori é mais efetivo analisar os dados mais simples e que podem dar sinais ou indicações mais bruscas de diferenças entre os usuários. Com isso foram calculados as médias, desvios e variâncias das bases e com esse cálculo, realizou-se a comparação utilizando o teste *T-Student* do R, a fim de comprovar se realmente a diferença é estatisticamente relevante. Na sequência são apresentadas as Tabelas comparativas 4, 5 e 6:

Tabela 4. Comparação de médias entre usuários reais e bots do tipo “fake followers”

Característica	Reais	Bots	p-value
<i>followers_count</i>	1393.21	17.94	$< 2.58 \cdot 10^{-6}$
<i>friends_count</i>	633.24	370.05	$< 2.2 \cdot 10^{-16}$
<i>statuses_count</i>	16958.22	71.89	$< 2.2 \cdot 10^{-16}$
<i>favourites_count</i>	4669.62	4.29	$< 2.2 \cdot 10^{-16}$

A Tabela 4 mostra a diferença entre as médias dos usuários reais dos usuários *bots*. Todas as características quantitativas levadas em consideração foram extremamente relevantes no caso desse tipo de *bot* ou falsos seguidores. Todos os *p-values* se mostraram reduzidos, menores do que o valor de 0.05 imposto no cálculo padrão da função para aceitar a hipótese H_0 os quais as características são iguais. Portanto, a partir desse resultado, em relação ao teste de hipótese na qual H_1 diz que as características são diferentes estatisticamente e como todos os resultados são relevantes, pode-se afirmar que a base de usuários é totalmente diferente uma da outra.

Nesse caso o cálculo de médias e desvios, visualizado na Tabela 5, conseguiram ser eficientes, pois demonstraram uma notável diferença de características quantitativas dos usuários, sendo possível, identificar inúmeras contas que são usadas para dar volume entre outras contas reais no quesito de seguidores e amigos. Esse tipo de conta não se mostra com um padrão humano de utilização do serviço, o que torna fácil a caracterização e identificação desse tipo de usuários.

Tabela 5. Comparação de desvios entre usuários reais e bots do tipo “fake followers”

Característica	Reais	Bots
<i>followers_count</i>	17216.66	54.22
<i>friends_count</i>	1600.96	212.55
<i>statuses_count</i>	30696.29	634.97
<i>favourites_count</i>	11527.57	59.55

Ao analisar os desvios da Tabela 5, deve-se levar em consideração que como as médias e características são diferentes, os desvios ficaram bem diferentes entre si.

Mais uma vez é possível ver como os usuários reais divergem dos *bots*, com grandes diferenças, o que significa que os dados estão mais dispersos, isto mostra novamente o comportamento imprevisível humano como fator dos altos desvios em relação à pouca mudança ou alteração dos *bots*, também observado pela Tabela 6, que mostra a comparação das variâncias.

Tabela 6. Comparação de variâncias entre usuários reais e bots do tipo “*fake followers*”

Característica	Reais	Bots
followers_count	296413537	2939.372
friends_count	2563082	45177.68
statuses_count	942261981	403199.2
favourites_count	132884793	3546.381

3.1 Regressão Linear Simples – Usuários Reais

A fim de encontrar características lineares entre si e compará-las com a mesma segmentação dos *bots*, optou-se por buscar e plotar gráficos relacionados, juntamente com seu grau de correlação, podendo assim dizer se as várias características escolhidas conseguem atingir um grau de correlação satisfatório para a pesquisa.

Algumas mudanças na análise dos dados também foram necessárias, principalmente para encontrar alguma correlação entre as variáveis. Essas mudanças estão relacionadas em alterar as características para a função logarítmica, muito utilizada estatisticamente para grande volume de dados. A partir da Figura 2, é possível verificar as características mais relevantes para a pesquisa:

Para uma melhor visualização preferiu-se o uso da função logarítmica em ambas as características, como mostra a Figura 1, podemos observar um gráfico mais coeso e passível de análise. Cabe ressaltar que mesmo alterando ambas as características para logaritmo, não há problemas nos cálculos realizados, pois não há alteração da análise.

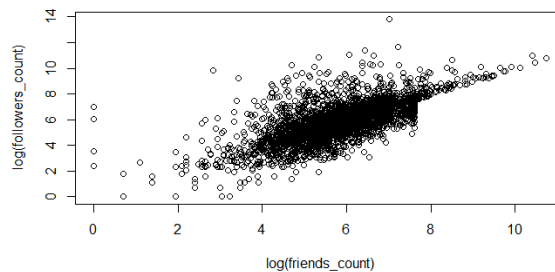


Figura 1. Plot(log(followers_count), log(friends_count)) - Usuários reais

Retornando a primeira análise, é possível perceber uma certa correlação entre as características *followers_count* e *friends_count*, mas para isso é necessário também calcular qual é a melhor reta que passa pelos pontos plotados e a função que traça o modelo linear baseado nas características plotadas. A partir da Figura 2, é possível iniciar o teste de correlação para verificar em qual grau as características se encontram:

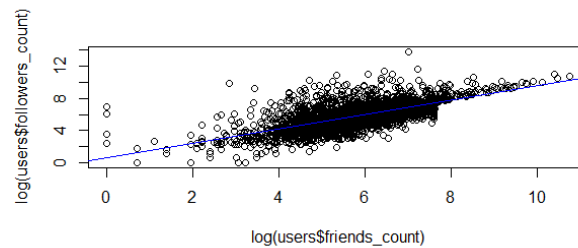


Figura 2. Aplicação da função “lm()” e “abline()” - Regressão Linear

A partir da Figura 2, é possível descrever a Equação da reta que passa pelos pontos, dada por:

$$f(x) = 0.6660 + 0.8938x \quad (III)$$

Na sequência, é necessário analisar a correlação entre as características, o qual resultou em uma regressão com grau de correlação de 68.85%, sendo, portanto, uma regressão positiva fraca, menor que 0.7, porém muito próximo de ser forte, o que se torna uma análise válida, ainda mais por estar usando dados brutos.

A seguir analisou-se graficamente todas as características relevantes para este trabalho, *followers_count* e *statuses_count* (quantidade de tweets já postados), *followers_count* e *favourities_count* (quantidade de favoritos do usuário), todas sendo manipuladas da mesma forma que a primeira, ou seja, utilizando-se da mudança para logaritmo.

Da mesma forma como analisado anteriormente, foi possível construir uma análise também dos dados relacionados ao número de seguidores com a quantidade de tweets postados por usuário, conforme visto por meio da Figura 3.

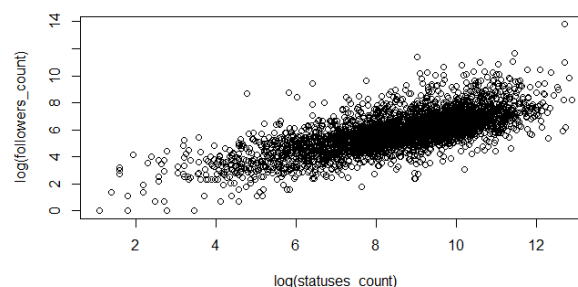


Figura 3. Quantidade de seguidores x Quantidade de Tweets - Usuários reais

Função do modelo linear adotado pelo gráfico da Figura 4:

$$f(x) = 0.9969 + 0.5655x \quad (IV)$$

A partir da distribuição e da plotagem da Figura 4, é preciso analisar a correlação entre os dados. Nesse caso o valor de correlação entre os dados é de 71.15%, sendo que, por estar acima de 0.7 é considerada uma correlação positiva forte. Dessa forma, também é uma correlação válida.

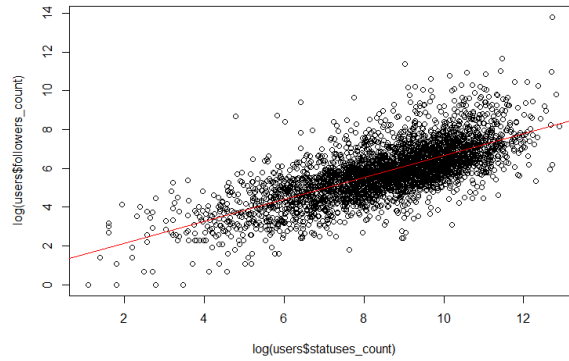


Figura 4. Modelo Linear Seguidores x Tweets - Usuários reais

Outra análise para a base de dados reais, está relacionada com o grau de correlação da quantidade de seguidores e a quantidade de tweets favoritados pelo usuário, conforme apresentado pela Figura 5:

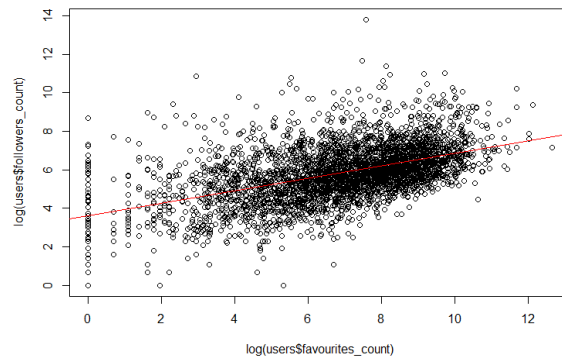


Figura 5. Modelo Linear Seguidores x Favoritos - Usuários reais

O grau de correlação nesse sentido foi de apenas 0.4956, o que leva a dizer que existe uma correlação fraca entre essas duas características, não sendo necessariamente relevante para este estudo, porém foi utilizada em níveis comparativos com a base de usuários *bots* do tipo de seguidores falsos.

3.2 Regressão Linear Simples – Usuários Bots

O mesmo procedimento realizado para os usuários reais e em busca de encontrar diferenças entre a base de *bots* e a real, realizou-se para a base de usuários do tipo de seguidores falsos. Seguindo as mesmas características e os mesmos procedimentos, obteve-se um resultado para os níveis de correlação entre os dados. O objeto central de estudos encontra-se nessa regressão, portanto ela é essencial e possui um bom grau de relevância para detectar anomalias no padrão dos *bots* do tipo *fake followers*. Analogamente ao que foi realizado com a base de usuários reais, fez-se com a base de *bots* do tipo citado anteriormente, em busca de semelhanças e principalmente de diferenças visíveis e/ou calculáveis. Seguindo com o objeto de estudo tem-se a imagem da relação das características mostradas nas Figuras 6 e 7:

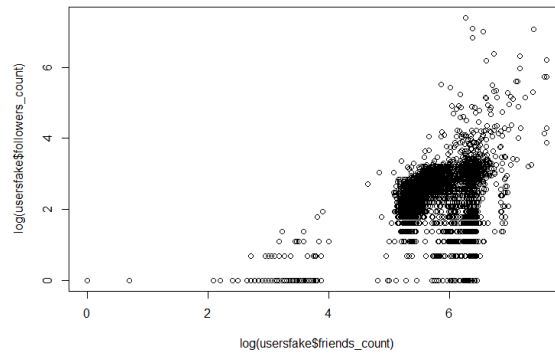


Figura 6. Quantidade de seguidores x Quantidade de amigos - Usuários bots

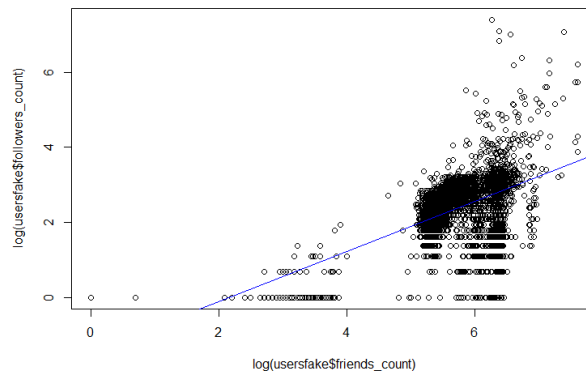


Figura 7. Modelo Linear Seguidores x Amigos - Usuários bots

Observando a Figura 6 em relação a Figura 2 para usuários reais, há uma aglomeração de pontos em algumas regiões, e nenhum ponto em outras. É notado, portanto, uma correlação entre as características, pois não é possível visualizar nitidamente uma reta atravessando esses pontos como ocorre na Figura 3, que apesar de possuir um corpo mais curvado, também possui um alongamento maior em relação a Figura 6. Na sequência calculou-se a Equação da reta para essas duas características. Tem-se sua fórmula matemática dada pela Equação V:

$$f(x) = -1.4464 + 0.6686x \quad (V)$$

Em relação ao seu grau de correlação, que aparentemente parece ser baixo, pode-se dizer que não se aproximou da correlação para usuários reais com um total de 0.5435 ou seja, é uma regressão linear fraca com um grau de correlação entre as características de 54.35%. Percebe-se uma diferença entre os usuários reais, tal que será discutida mais à frente. Comparativamente, a análise representada na Figura 9 mostra a diferença entre as características de quantidade de seguidores e quantidade de tweets, buscando uma correlação entre elas. Comparando com a base de usuários reais a fim de perceber grandes mudanças com essa regressão, é possível dizer que à medida que os seguidores aumentam, a quantidade de postagem necessariamente aumenta também, não sendo, claro uma via de regra, porém uma possibilidade.

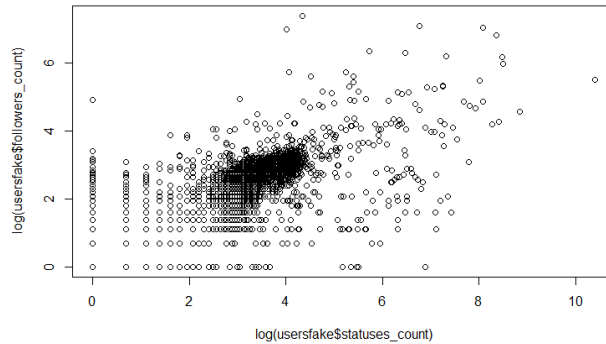


Figura 8. Quantidade de seguidores x Quantidade de Tweets - Usuários bots

Vemos também uma diferença em relação ao mesmo gráfico de usuários reais, na Figura 8 os pontos estão distribuídos uniformemente, porém com concentração de pontos em certa localização, comparado com o de usuários reais, não há tantas aglomerações e está bem mais uniformemente distribuído. A possibilidade para este resultado é de que os usuários bots, apesar de seguirem padrões humanos dentro do Twitter, não conseguem manter uma linearidade na quantidade de tweets postados com a quantidade de seguidores que possuem, visto que sua média também segue um padrão muito menor nas postagens. O modelo linear é montado e descrito como mostrado na Figura 9.

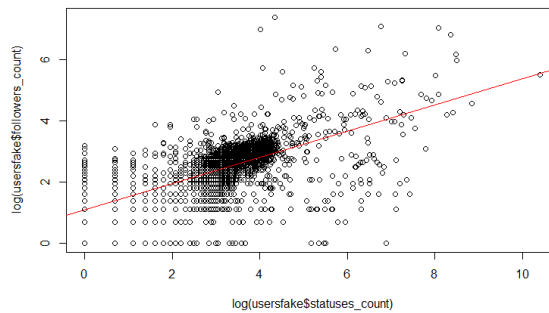


Figura 9. Modelo Linear Seguidores x Tweets - Usuários bots

Seguindo com os cálculos, tem-se que a Equação da reta desse modelo é dada por:

$$f(x) = 1.0751 + 0.4312x \quad (VI)$$

Dadas as informações obtidas pelas características e calculando o grau de correlação tem-se como resultado o valor 0.6360 que representa uma correlação fraca entre os dados. Comparada com o cálculo da correlação de usuários reais, que é de uma correlação forte, percebe-se uma diferença grande em relação aos cálculos.

Como última análise de regressão linear, porém não menos importante, tem-se as características de seguidores por quantidade de tweets marcados como favoritos. Essa relação tenta mostrar que a quantidade de seguidores ao aumentar, aumenta a quantidade de tweets marcados como favoritos pelos seus seguidores, o que de fato é lógico, visto que a tendência de tweets marcados como favoritos tende a crescer com o aumento de seguidores. Porém, analisando os resultados da Figura 10 tem-se um fator não linear e pouco coeso:

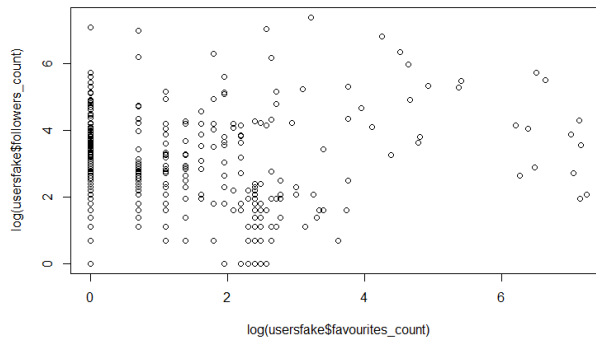


Figura 10. Quant. de Seguidores x Quant.de Favoritados - Usuários bots

É possível perceber que a correlação é praticamente inexistente, não segue um padrão ou linearidade, mas para fins de comprovação, calculou-se o modelo linear, mostrado na Figura 11:

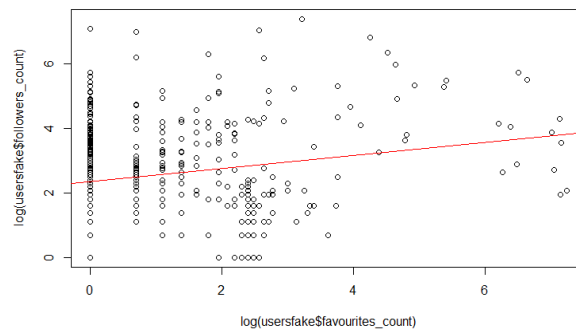


Figura 11. Modelo Linear Seg. x Tweets marcados como fav. - Usuários bots

A partir do modelo linear apresentado na Figura 13, a Equação da reta plotada é dada por:

$$f(x) = 2.3484 + 0.2033x \quad (\text{VII})$$

A partir das informações obtidas pelas Figuras 11 e 12 e calculando a correlação das duas características, tem-se como resultado um grau de correlação de 0.1514, ou seja, extremamente fraco e positivo, o que leva o não descarte da mesma correlação de usuários reais, que apesar de ser fraca, é três vezes maior que a mesma de usuários bots. Portanto, é possível afirmar que obter dados expressivos na detecção de bots por meio da estatística é algo realizável, sendo que isso é apenas uma pequena parte de todas as análises e comparações possíveis.

A fim de mostrar a utilidade estatística na detecção, as características citadas foram escolhidas como principal fonte de estudo, porém outras mais poderiam ser escolhidas, como por exemplo uma análise de quantidade de amigos com todas as outras que foram utilizadas junto com a quantidade de seguidores. As possibilidades de estudo são amplas.

4. CONCLUSÃO

Após os dados analisados é possível apresentar informações relevantes da utilização da estatística para o cálculo e detecção de bots, do tipo *Social Bots*, mais especificamente os bots considerados por falsos seguidores, responsáveis apenas para indicar a falsa impressão de que alguns usuários possuem grande popularidade na rede.

Por meio da estatística básica, com o cálculo de médias e desvios, se mostrou muito eficiente quando levado em comparação os usuários reais de bots. Com o teste de hipótese, podemos complementar mais a pesquisa, oferecendo maior veracidade nas características analisadas, mostrando que são totalmente diferentes entre si, já que seu *p-value* é extremamente pequeno, mais uma vez fortalecendo o fato da hipótese nula H_0 ser falsa, aceitando-se H_1 além de todas as características quantitativas serem diferentes, referenciando que as bases não são iguais e possui diferenças em suas medidas.

Por fim, a regressão linear, método para mostrar o grau de afinidade e interferência entre as características, que demonstraram uma maior linearidade quando testadas com usuários reais, além de certos padrões nos pontos dos gráficos, não podendo ser dito o mesmo para regressões dos usuários bots, que apresentaram uma maior deformidade nos gráficos, consequentemente uma correlação mais fraca.

Vale a pena ressaltar que a regressão realizada serviu para demonstrar o quanto pode ser útil, provavelmente existem muito mais correlações entre as variáveis, levando até um estudo mais aprofundado sobre o contexto para trabalhos futuros, o que pode mostrar mais resultados comparativos entre *bots* dessa categoria e usuários reais.

REFERÊNCIAS

- Broniatowski, D. *et al.*, 2018. Weaponized health communication: Twitter bots and Russian trolls amplify the vaccine debate. *American journal of public health*, 108(10), 1378-1384.
- Campos, G. F. *et al.*, 2018. Detection of human, legitimate bot, and malicious bot in online social networks based on wavelets. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)*, 14(1s), 26.
- Carna Botnet., 2012. Available in: <<http://census2012.sourceforge.net/paper.html>> Access Date: 24/03/2018. 2018.
- Chavoshi, N. *et al.*, 2016a. DeBot: Twitter Bot Detection via Warped Correlation. In *ICDM* (pp. 817-822).
- Chavoshi, N. *et al.*, 2016b. Identifying correlated bots in twitter. In *International Conference on Social Informatics* (pp. 14-21). Springer, Cham.
- Chen, Z. *et al.*, 2017. Hunting Malicious Bots on Twitter: An Unsupervised Approach. In *International Conference on Social Informatics* (pp. 501-510). Springer, Cham.
- Davis, C. *et al.*, 2016. Botornot: A system to evaluate social bots. In *Proceedings of the 25th International Conference Companion on World Wide Web* (pp. 273-274). International World Wide Web Conferences Steering Committee.
- Distil's Bad Bot Report 2018, 2018. Available in: <<https://resources.distilnetworks.com/all-blog-posts/bad-bot-report-now-available>> Access Date: 28/07/2018. 2018.
- Efthimion, P. *et al.*, 2018. Supervised machine learning bot detection techniques to identify social twitter bots. In *SMU Data Science Review*, 1(2), 5.
- Gujarati, D. N., Porter, D. C., 2011. *Econometria Básica-5*. Amgh Editora.
- Haidermota, M., Pansare, A., 2018. Classifying twitter user as a bot or not and comparing different classification algorithms. In *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 9(3), 29.
- Howard, P. *et al.*, 2016. Bots and automation over Twitter during the third US presidential debate.
- MIB: enhancing the user awareness on Search Engines and Social Media., 2018. Available in: <<http://mib.projects.iit.cnr.it/index.html>> Access Date: 20/09/2018. 2018.
- Morstatter, F. *et al.*, 2016. A new approach to bot detection: striking the balance between precision and recall. In *2016 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM)* (pp. 533-540). IEEE.
- Mukaka, M. M., 2012. A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. In *Malawi Medical Journal*, 24(3), 69-71.
- Qamar, A., Karim, A., & Chang, V. (2019). Mobile malware attacks: Review, taxonomy & future directions. *Future Generation Computer Systems*, 97, 887-909.
- Racine, J. S., 2012. RStudio: a platform-independent IDE for R and Sweave. In *Journal of Applied Econometrics*, 27(1), 167-172.
- Team, R. C., 2000. R language definition. Vienna, Austria: R foundation for statistical computing.

MODELO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS EM SUPORTE TECNOLÓGICO À DETECÇÃO DE CARTEIS EM LICITAÇÕES PÚBLICAS

Gerson do Nascimento Silva, Francisco Lopes de Caldas Filho, Vinicius Eloy dos Reis, Bruno Justino Praciano, João Paulo Lustosa e Rafael Timóteo de Sousa Júnior
Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília - DF, Brasil - Zipcode 70910-900

RESUMO

O Conselho Administrativo de Defesa Econômica - Cade, autarquia federal brasileira vinculada ao Ministério da Justiça e Segurança Pública, é reconhecido como uma agência pública modelo no Brasil e é destaque entre as autoridades antitruste mundo afora. Naturalmente, a excelência técnica e a respeitabilidade perante a sociedade brasileira têm credenciado o Cade a se posicionar fortemente nas grandes discussões nacionais e internacionais acerca da temática antitruste. Nesse contexto, surge a necessidade do uso de tecnologias de inteligência artificial (IA) e seus acessórios de modo a promover tratamento adequado para os dados; como também, a extração de conhecimento (insights) para tomadas de decisões assertivas. Nesse sentido, a próxima fronteira a explorar é a atuação cada vez mais proativa de modelos paramétricos não-lineares – Redes Neurais Artificiais (RNAs). O presente artigo descreve como a adoção de RNAs possibilitou detecção de indícios de carteis em licitações públicas e, como resultado, gerou subsídio tecnológico que pode ser agregado à Política Antitruste Brasileira, otimizando processos de detecção de Cartéis e auxiliando em Programas de Leniência.

PALAVRAS-CHAVE

Investigação e Perícia Contábil, Fraudes, Detecção de Cartéis, Aprendizado de Máquina, Redes Neurais

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a publicação Market Business News, 2017, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) enxerga a detecção de conluio nas propostas nas licitações públicas como parte significativa do trabalho das autoridades contratantes; onde se deve discutir as várias formas de conluio em licitações, explicitando as variações temporais e estruturais dos relacionamentos ocultos existentes entre os licitantes, envolvendo subcontratações e permutações dessas licitantes e suas subsidiárias de modo a ofuscar a prática e dificultar sua detecção e investigação. Embora as autoridades promotoras de licitações em geral empreguem ferramentas de detecção reativas para detectar e investigar carteis, uma combinação de medidas tanto reativas quanto proativas de detecção é considerada mais efetiva. Dentre as medidas desta última classe, o uso de algoritmos para detectar licitações colusivas e, mais geralmente, possíveis condutas de cartel, traz possibilidades sem precedentes de colocar a tecnologia a serviço da fiscalização antitruste.

Akhgar et al. (2016) discutem o potencial de aplicar algoritmos de aprendizado de máquina para identificar relacionamentos ocultos como um possível indicador de conluio em licitações públicas.

Já em OECD (2017), há a notícia de que várias agências públicas de controle da concorrência já relataram o uso de varreduras para detectar casos de manipulação de lances, graças à disponibilidade de dados extensos e confiáveis sobre licitações públicas, além da existência de algoritmos capazes de detectar anomalias e padrões suspeitos em grandes conjuntos de dados.

No Brasil, uma das agências públicas responsáveis pelo controle da concorrência é o Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Cade), autarquia federal vinculada ao Ministério da Justiça e Segurança Pública (MJSP). O Cade é reconhecido como uma agência pública modelo no Brasil e é destaque entre as autoridades antitruste mundo afora, tendo em especial, no mês de fevereiro do ano de

2019, guiado o Brasil a ser aceito como membro permanente do Comitê de Concorrência da OCDE, fortalecendo o Sistema Brasileiro de Defesa da Concorrência (SBDC), a partir da troca de experiências com outras jurisdições e da adoção das melhores práticas internacionais.

Nos últimos anos teve-se, por parte da Autarquia, participação protagonista na discussão de temas como setor financeiro, combustíveis, aviação civil, loterias, transporte marítimo, serviços de saúde, dentre vários outros. Sem esquecer, é claro, do transporte individual de passageiros – aplicativos de transporte. Desta forma, sua atuação, em seus diferentes eixos, vem contribuindo para garantir um ambiente concorrencial cada vez mais saudável no país e os frutos colhidos se devem aos incansáveis esforços para adoção de tecnologias de ponta.

O presente artigo apresenta uma iniciativa desenvolvida como uma das atividades do Cade, com auxílio de inteligência artificial, no sentido de obter uma ferramenta de caráter proativo no controle de conluio vinculado a licitações, em particular usando modelos paramétricos não-lineares – redes neurais artificiais (RNA).

As RNA(s) têm a capacidade de generalizar e aprender, adquirindo conhecimento de seu ambiente, adaptando-se os parâmetros internos e externos. A rede aprende com exemplos e se adapta a situações com base nas suas conclusões, generaliza, sobretudo, o conhecimento para produzir respostas adequadas às situações desconhecidas. As redes neurais artificiais, portanto, resolvem problemas complexos.

Assim, conjuntamente com o aparato legislador no tocante a carteis em licitações públicas, que reúne medidas legais, infralegais e organizacionais, o presente artigo contribui para criar um modelo de RNA que subsidie, por meio de tecnologia, a já existente política de combate a cartéis em licitações públicas.

A RNA que é apresentada e discutida no presente artigo teve seu funcionamento e resultados validados em estudo de caso no próprio Cade em que o protótipo desenvolvido da RNA foi submetido a testes com dados de licitações reais, estudo de caso este que também é relatado no texto.

1.1 O Problema e sua Demarcação

De que modo o uso de redes neurais artificiais com vistas a elucidar ilícitos contra a ordem econômica, especificamente, carteis em licitações públicas pode auxiliar a tomada de decisão no Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Cade).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Política Antitruste no Brasil

O aparato legislador referente à política antitruste brasileira originou-se por meio do Decreto-lei nº 869, de 18 de novembro de 1938, com a finalidade de reprimir o abuso do poder econômico e proteger o interesse do consumidor. Desde então foram criados e aperfeiçoados inúmeros instrumentos, normas e procedimentos.

A mais recente legislação que modificou o ambiente da política antitruste brasileira trata-se da lei nº 12.529, de 30 de novembro de 2011. Essa norma ampliou as competências do Cade, reestruturando o Sistema Brasileiro de Defesa da Concorrência (SBDC), dispondo, sobretudo, sobre a prevenção e repressão às infrações contra a ordem econômica.

Aspecto importante da norma foi elucidar de que forma/abordagem atua o Cade no tocante ao combate a práticas anticompetitivas. Resume-se, portanto, em três principais abordagens:

- a) Preventiva: Por meio do controle de estruturas de mercado. Aprecia-se Atos de Concentração de empresas (fusões, aquisições e incorporações);
- b) Repressiva: Por meio do controle de condutas ou práticas anticoncorrenciais. Verificação da existência de infrações à ordem econômica, tais quais: venda casadas, acordos de exclusividade e principalmente a **formação de cartel**;
- c) Educacional: Fomento à cultura concorrencial por meio de parcerias com instituições.

2.2 Carteis

Conforme elucidada (Carvalho, 2013) O cartel representa um acordo entre agentes econômicos que atuam no mesmo mercado relevante, visando a construir uma limitação artificial e ilegítima da concorrência.

Apesar de não transcrever diretamente o termo: cartel em sua norma, a Lei nº 12.529/2011, confere em seu parágrafo 3, inciso I e II o conceito de cartel como conduta caracterizadora de infração à ordem econômica:

§ 3º As seguintes condutas, além de outras, na medida em que configurem hipótese prevista no caput deste artigo e seus incisos, caracterizam infração da ordem econômica:

I - Acordar, combinar, manipular ou ajustar com concorrente, sob qualquer forma:

- a) os preços de bens ou serviços ofertados individualmente;
- b) a produção ou a comercialização de uma quantidade restrita ou limitada de bens ou a prestação de um número, volume ou frequência restrita ou limitada de serviços;
- c) a divisão de partes ou segmentos de um mercado atual ou potencial de bens ou serviços, mediante, dentre outros, a distribuição de clientes, fornecedores, regiões ou períodos;
- d) preços, condições, vantagens ou abstenção em licitação pública;

II - Promover, obter ou influenciar a adoção de conduta comercial uniforme ou concertada entre concorrentes; grifo nosso. (BRASIL, 2011).

2.3 Carteis em Licitações Públicas

Segundo aponta (Nunes, 2016, p. 199) os intuitos dos cartéis formados em licitações públicas não diferem dos cartéis em geral. A autora considera que a fixação de preços é apenas um desses intuitos.

Conforme referência, em sua página 9, o Guia Prático para pregoeiros e membros de comissões de licitação, documento editado pelo Ministério da Justiça, há sete ações cartesianas no contexto da licitação pública: Fixação de preços, direcionamento privado da licitação, divisão de mercado, supressão de propostas, apresentação de propostas “proforma”, rodízio e subcontratação.

Atualmente, o principal mecanismo para detecção de indícios de cartéis em licitações públicas trata-se do “Programa de Leniência”. O programa consiste em firmar acordo de “delação premiada” com participante do cartel. O membro desse cartel denuncia a prática e todos os respectivos coautores em troca de imunidade administrativa e criminal.

Acredita-se, nessa linha, que a utilização de modelo que detecte de forma automática indícios de cartéis possa corroborar com os programas de leniência hoje vigentes no aparato legislador brasileiro.

2.4 Redes Complexas

O estudo das redes complexas surgiu como uma área multidisciplinar da Ciência, sendo vista como intercessão entre a mecânica estatística e a teoria dos grafos, que visa estudar e compreender este abrangente fenômeno: como as “coisas” se conectam e quais são as implicações disto. Em sua definição mais geral, uma rede é uma abstração que permite codificar algum tipo de relacionamento entre pares de objetos. Por exemplo, em redes de cartéis objetos são geralmente indivíduos e relacionamentos representam algum tipo de relação social, como amizade ou trabalho em conjunto.

Partindo-se da natureza das Redes Complexas, vê-se que o estudo de redes dinâmicas está em sua infância e até mesmo o significado de suas propriedades precisam ser repensados (Antiqueira et al., 2005). Conforme Figura 1, vê-se exemplo de redes complexas. Essas, conforme entendimento de Strogatz (2001) são muito comuns e podem ser facilmente discernidas em inúmeros cenários, a saber: redes de cartéis, lavagem de dinheiro e diversas outras faces de ilícitos contra a ordem econômica.

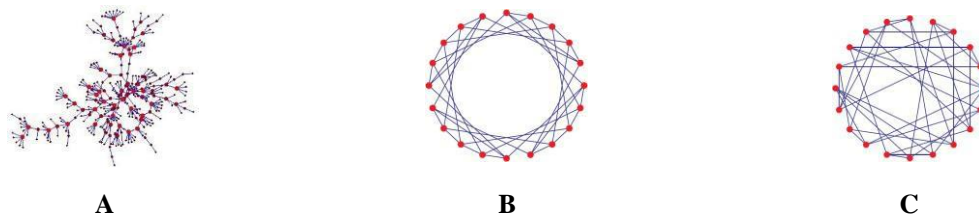


Figura 1. Exemplos de redes complexas aplicáveis ao estudo de carteis e/ou lavagem de dinheiro (Fonte: Adaptado de Strogatz, 2001)

2.5 Funcionamento do Neurônio Artificial

Segundo Tafner et al. (1995), uma equipe formada por um neurofisiologista do Massachusetts Institute of Technology (MIT) e um matemático da Universidade de Illinois, Warren S. McCulloch – do MIT e Walter Pitts – de Illinois, definiram o neurônio artificial como uma estrutura que substituí os dendritos por entradas [x_i], e as ligações ao corpo celular por itens chamados pesos [w_i], emulando as sinapses neurais. Seu funcionamento dá-se da seguinte forma: as excitações captadas nas entradas são processadas pela função de soma [Σ], e o fronteira excitatória é constituída por uma função de ativação, também conhecida por transferência [θ]. A figura 2 abaixo elucida essa especificação:

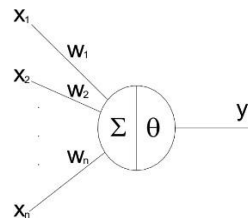


Figura 2. Modelo do neurônio de McCulloch e Pitts (Fonte: Adaptado de BRAGA et al., 2000)

Ainda conforme Braga et al. (2000), a respectiva ativação se dá pelo emprego de uma função de ativação que, dependendo do valor da soma ponderada das suas entradas, pode ativar ou não a saída; obedecendo a seguinte equação: $\sum_{i=1}^n x_i w_i \geq \theta$. A Figura 3 exemplifica o processo de sinapse neural artificial.

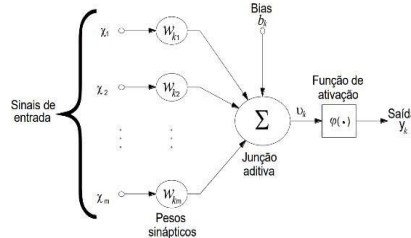


Figura 3. Modelo base de um neurônio artificial (Fonte: Adaptado de Haykin, 2001)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Considerações Iniciais

Utilizou-se, como fonte de dados, a base de dados pública do Sistema Eletrônico de Informações (SEI), desenvolvida pelo Tribunal Regional Federal da 4ª Região (TRF4), sendo este um instrumento de gestão de documentos e processos eletrônicos, e tem como desígnio promover a eficiência administrativa. O SEI integra o Processo Eletrônico Nacional (PEN), um empreendimento conjunto de órgãos e entidades de distintas esferas da administração pública, com a finalidade de edificar uma infraestrutura pública de processos e documentos administrativos eletrônicos. Fazendo-se uso dessa base de dados, o ensaio ocorreu nas seguintes fases:

- a) Definição de um procedimento de aprendizagem de máquina – algoritmo, correspondente a realidade de cartéis, onde o conjugado – treino/teste; se deu com o conjunto de dados públicos de licitação;
- b) Validação do algoritmo em escala geral – com a base de dados do Cade, sendo aplicado em sua totalidade.

3.2 Construção do Algoritmo

Houve propositura, para a solução necessária, de subdividir o sistema em três camadas distintas:

- a) Entrada: utiliza os dados da experimentação, permitindo rotular a percepção do cenário de cartelização;
- b) Intermediação ou Escondido: manuseia os dados da etapa anterior – Entrada, para aplicar sobre eles as equações de inferência matemática; possibilitando também a rotulagem de cenários percebidos pelo usuário. É aqui que ocorre o direcionamento para a topologia da RNA a ser empregue – número de camadas, unidades em cada camada, parâmetros do algoritmo de treino/teste e função de ativação. Neste momento há ampla colisão no desempenho da RNA de aprendizado resultante;
- c) Saída: Rede Neural que maneja os dados da Intermediação e efetua o conjugado – treino/teste; possibilitando aprendizado de máquina, bem como sua validação. Nesta etapa ocorre o emprego do paradigma neural apropriado ao cenário de cartelização.

Para o conjugado – treino/teste; houve seleção, de forma estocástica, dos dados de licitações de caráter público, advindos do Tribunal de Contas do Distrito Federal e anexados ao bando de dados público do SEI. Para efeito de exemplificação, utilizou-se uma arquitetura de RNA com 03 camadas; pois a camada de entrada é normalmente excluída quando se conta o número de camadas em uma RNA.

Nesta pesquisa, optou-se pelo algoritmo de retropropagação (*Backpropagation*) para treinar a RNA com os critérios de parada: máximo de 10.000 (dez mil) iterações ou soma quadrática de erro menor que 0.1 (10-1), sendo este o padrão de trabalho adotado no CADE. A vantagem fundamental em se usar o *Backpropagation* é que o mesmo trabalha com multicamadas, se prestando a resolver problemas não-linearmente separáveis. Os dados persistidos arranjaram-se como treino para o aprendizado do modelo não paramétrico em questão – RNA.

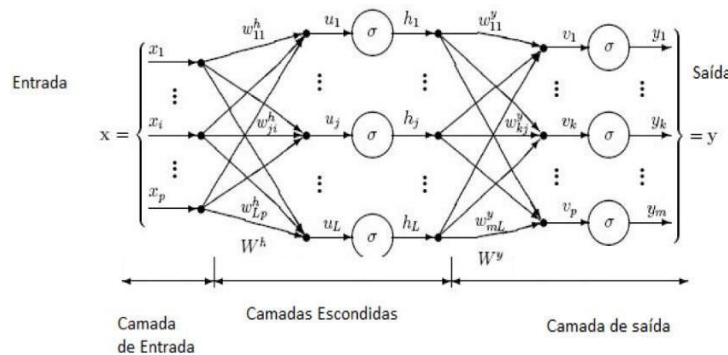


Figura 4. RNA do experimento: cada nó representa um neurônio e as setas suas respectivas sinapses (Fonte: <https://www.dtreg.com/solution/view/21>, acessado em: 10/05/2019, às 16h:40min)

3.3 Experimentação

Neste experimento em questão, a detecção do conjunto de padrões do conjugado [treino/teste] da topologia da RNA deu-se com diversas variáveis de entrada que, por motivos de sigilo de inquérito do MJSP/Cade, não serão explicitadas aqui. De acordo com o autor clássico (BAWAZEER, 1996), escolhe-se, em média, 70% do volume de dados para treino e 30% para teste. Do volume de dados coletados a partir do SEI e TCDF, escolheram-se, aleatoriamente, para [treino/teste] uma massa com percentual de 70% para treino e 30% para teste. Para a implementação da RNA foi utilizada a distribuição de código aberto (open-source) Anaconda, versão 2019.03, com que facilmente cria-se redes neurais, além de todo o tratamento ao dado – carga, limpeza, transformação e exibição; como também, com o Anaconda, é possível avaliar desempenho de qualquer RNA.

3.4 Validação

A validação da RNA foi realizada nas acomodações do Laboratório de Computação Pervasiva – Lab, no próprio CADE e, após estruturada, foi treinada/testada de forma a alcançar eficiência máxima; onde os parâmetros de entrada são informados ao modelo. Tal implementação foi tipo feed-forward, onde os pesos sinápticos da primeira camada derivam das entradas, e os pesos das camadas seguintes decorrem das camadas que antecedem. A função de ativação, necessária a toda RNA, foi o tipo sigmóide logarítmica – com propagação positiva (Feed-forward) e que carecem em sua saída números exclusivamente positivos.

No tocante ao treinamento, utilizou-se o algoritmo – gradiente de retropropagação, onde os pesos são modificados na direção que reduz a respectiva soma quadrática dos erros ou, especificando com mais detalhes, sua função de desempenho. Estruturou-se a RNA em três camadas; sendo que a contagem de neurônios de cada camada satisfaz as necessidades de busca por cartelização e/ou lavagem de dinheiro e, por questões de sigilo de investigação do Ministério da Justiça (MJ), não será detalhado neste artigo.

3.5 Análise dos Resultados

Conforme a Figura 5, verifica-se os resultados alcançados na fase de treino da RNA. Averigua-se ainda uma excelente convergência entre resultados conhecidos – valor do laboratório (casos conhecidos e confirmados) e os alcançados pela RNA – valor da RNA (casos investigados pela rede neural).

O significado dos números nos eixos X e Y são, para todos os gráficos nessa pesquisa, a saber:

a) X – valor de correlação, quando positivo (maior que zero) indica um possível ilícito; quando zero, indica possível normalidade; caso contrário (negativo) indica um *outlier* – apresenta um grande afastamento dos demais da série, ou é inconsistente;

b) Y – quantidade de iterações necessárias pra RNA identificar o valor de correlação (X).

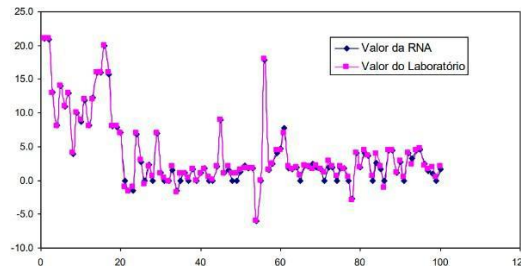


Figura 5. Valores do treino da RNA na detecção de cartéis (Fonte: Os autores, 2019)

A Figura 6 exibe as decorrências da validação na fase teste, conforme segue. Percebe-se que apesar de aderente aos dados e resultados da fase treino, a RNA ainda precisa ser otimizada para performance ou desempenho máximo, pois ainda há discrepâncias em algumas situações que sugerem ilícitos a ordem econômica, mas que de fato não é um caso concreto ou não existem.

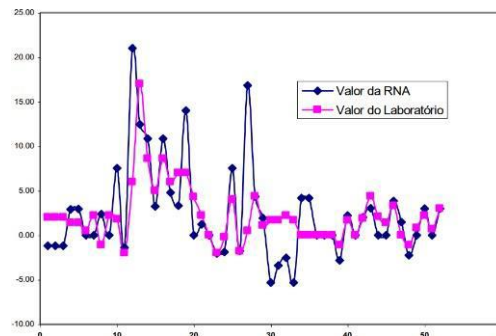


Figura 6. Validação da RNA (Fonte: Os autores, 2019)

Segue, conforme figura 7, resultados advindos de comparativo da RNA com software comercial - Qlik Analytics Platform, da empresa QlikTech, fundada em 1993 em Lund, Suécia e atualmente sediada em King of Prussia, Pensilvânia, Estados Unidos.

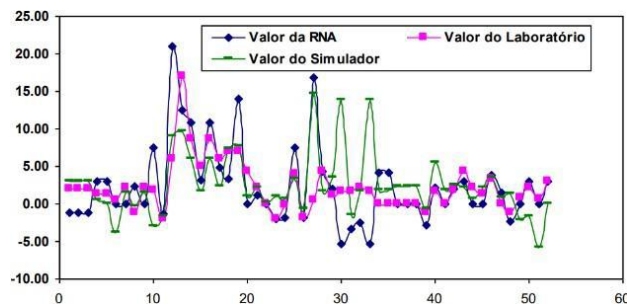


Figura 7. Confronto da RNA e o Simulador (*Qlik Analytics Platform*) - Fonte: Os autores, 2019

Embora nossos resultados de aprendizado não garantam que possamos encontrar uma solução para todos os problemas solucionáveis no domínio do MJSP, nossas análises e resultados mostraram que, na prática, o esquema de retropropagação leva a soluções em praticamente todos os casos. Em suma, acreditamos que respondemos as necessidades do Cade e encontramos um resultado de aprendizado para demonstrar que seu emprego é válido.

Em muitas ocasiões, ficamos surpresos ao conhecer novos métodos de uso e funções das RNA(s), observando o comportamento de nosso algoritmo de aprendizado. Isso também levantou a questão da generalização. Na maioria dos casos que ocorrem no Cade, é interessante perguntar o que aconteceria se apresentássemos apenas um subconjunto dos exemplares no tempo de treinamento e depois observássemos o sistema generalizando para os exemplares restantes. Em pequenos problemas, como os apresentados aqui neste experimento em estudo, o sistema às vezes encontra soluções para os problemas que não são propriamente generalizados. No entanto, resultados preliminares em problemas maiores são muito encorajadores nesse sentido.

4. CONCLUSÕES

Foi acessada a Base de dados científica Scopus e pesquisado o tema central “neural networks”, equivalente a “redes neurais” na língua portuguesa, com resultado de 417.559 (quatrocentos e dezessete mil e quinhentos e cinquenta e nove) pesquisas relacionadas em todo o território mundial do ano 1956 a 2019. Logo após foi introduzido o tema recorte “cartels” – cartéis, para detectar a quantidade de pesquisas que relacionava redes neurais/cartéis. Foram gerados 24 documentos. A partir dessa análise bibliométrica constata-se que as pesquisas referentes a conexão dos dois temas ainda são bastante incipientes.

Esta pesquisa ainda está em andamento e não pode ser relatada aqui como definitiva; pois estamos na vanguarda em tecnologias derivadas de IA. Este é, atualmente, um interesse muito ativo em nossos trabalhos internos.

Os experimentos confirmaram a eficácia da modelagem com redes complexas em uma das aplicações mais tradicionais em IA: detecção de padrões. As RNA(s) foram usadas com sucesso para reconhecimento de padrões com qualidade por taxas de acerto definidas por métricas hierárquicas em redes complexas, refletindo que bons resultados tendem a ser encontrados, até mesmo em contextos mais amplos.

Finalmente, devemos dizer que, não estando o trabalho finalizado, pois apenas começamos nosso estudo de RNA(s), ainda não aplicamos nosso procedimento de aprendizagem a problemas muito complexos – redes de cartéis interestaduais e/ou lavagem de dinheiro em toda a esfera nacional e/ou internacional. No entanto, os resultados até o momento são encorajadores e continuamos nosso trabalho.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio das Agências brasileiras de pesquisa, desenvolvimento e inovação CNPq (Projeto INCT em Segurança Cibernética 465741/2014-2), CAPES (Projetos FORTE 23038.007604/2014-69 e PROBRAL 88887.144009/2017-00) e Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal FAPDF (Projetos UIoT 0193.001366/2016 e SSDDC 0193.001365/2016), bem como ao Laboratório LATITUDE/UnB (Projeto SDN 23106.099441/2016-43) e ao Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Cade/MJSP).

REFERÊNCIAS

- Akhgar, B., Bayerl, P. S. e Sampson, F. (2016) *Open Source Intelligence Investigation: From Strategy to Implementation*, Springer International Publishing.
- Antiqueira, L; Nunes, M. G. V.; Oliveira JR., O. N.; Costa, L.F. (2007) Strong correlations between text quality and complex networks features. *Physica A*, 373:811- 820.
- Bawazeer, A.S. (1987) The fishery management of the stock of chim, the giant sea catfish *Arius thalassinus* in Kuwait waters. *Kuwait Bull. Mar. Sci.*, 9:87-100.
- Biembengut, M. S.; Hein, N. (2003) *Modelagem matemática no ensino*. São Paulo: Contexto.
- Braga, A. de.; Ludermir, T. B.; Carvalho, A. C. P. de L. F. (2000) *Redes Neurais Artificiais - Teoria e Aplicações*, Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.
- Brasil (2008) Departamento de Proteção e Defesa Econômica da Secretaria de Direito Econômico do Ministério da Justiça. Combate a cartéis em licitações – guia prático para pregoeiros e membros de comissões de licitação. Brasília. Disponível em <http://www.comprasnet.gov.br/banner/seguro/cartilha_licitacao.pdf>. Acesso em 19 de maio de 2019.
- Brasil (2011) Lei 12.529, de 30 de novembro de 2011. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12529.htm>. Acesso em 19 de maio de 2019.
- Carvalho, F. L. E. (2013) A Política Antitruste no Brasil e o Combate a Cartéis à Luz do Novo CADE. *Revista Thesis Juris – São Paulo*, V.2, N.2, pp. 473-500.
- Haykin, S. (2001) *Redes Neurais: Princípios e Prática*. 2. ed. Porto Alegre, Bookman.
- Market Business News (2017) "What is the OECD? Definition and Meaning". Disponível em <<https://marketbusinessnews.com/financial-glossary/oecd-definition-meaning/>>. Acesso em 19 de maio de 2019.
- Strogatz, S. H. (2001) Exploring complex networks. *Nature*, 410:268–276. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/35065725>>. Acesso em 06 de maio de 2019.
- Tafner, M.A.; Xeres M.; Rodrigues-Filho I.W. (1995) *Redes Neurais Artificiais: Introdução e Princípios de Neuro-computação*, 1a ed.. Blumenau, EKO, Ed. da Furb.

AGRUPAMENTO DE DADOS MISTOS BASEADOS NO ALGORITMO *K-MEANS*: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Nádia Junqueira Martarelli e Marcelo Seido Nagano

*Departamento de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
Avenida Trabalhador São-Carlense n. 400, São Carlos, Brasil. CEP 13566-590*

RESUMO

O agrupamento de dados é uma atividade de mineração que busca por grupos naturais em conjuntos de dados não rotulados. Embora bem desenvolvida para dados numéricos, o desenvolvimento de algoritmos para dados mistos (atributos numéricos e categóricos) ainda é incipiente. Diante do fato de que os conjuntos de dados mistos caracterizam a maioria dos problemas reais, o avanço desta temática é essencial para o beneficiamento da sociedade e da indústria. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo reunir e discutir as principais contribuições publicadas na literatura sobre algoritmos de agrupamento de dados mistos, especificamente as abordagens baseadas no algoritmo *k-means*, já que este algoritmo apresenta alta velocidade de processamento e fácil implementação, características estas almejadas na resolução de problemas do mundo real. Diante disso, realizou-se uma revisão bibliográfica sistemática na base de dados *Scopus*, onde foram aceitos apenas artigos em inglês, com o indicador *Journal Citation Report (JCR)* maior ou igual a um, ou com pelo menos dois indicadores de impacto maior ou igual a um. Como primeiro resultado da busca, obteve-se 1.104 trabalhos. Após a aplicação dos critérios adotados, obteve-se 456 trabalhos passíveis de avaliação. Posteriormente, avaliou-se quais trabalhos estavam dentro do objetivo da análise, por meio de três filtros de seleção, os quais contemplaram diferentes leituras dos trabalhos. Como resultado, obteve-se 37 artigos. Após um estudo detalhado, observou-se que esta temática ainda apresenta um desenvolvimento recente e esparsos. Além disso, percebeu-se que os trabalhos selecionados exploraram alguns temas-chave, como a definição dos pesos dos atributos, número de grupos, inicialização dos centroides e agrupamento sujeito a restrições.

PALAVRAS-CHAVE

Agrupamento de Dados Mistos, *K-means*, Atributos Numéricos e Categóricos, *Clustering*, Revisão Sistemática

1. INTRODUÇÃO

A técnica de agrupamento de dados é uma tarefa de mineração que busca por grupos naturais em conjuntos de dados não rotulados (Jain and Dubes, 1988). Por desvendar padrões em dados que não apresentam nenhuma classificação prévia, esta tarefa é considerada uma das mais desafiadoras dentre as técnicas de reconhecimento de padrões. Embora desafiadora, os algoritmos de agrupamento de dados são altamente demandados por inúmeras áreas do conhecimento, para os mais diferentes propósitos, como a segmentação de clientes, diagnóstico de doenças, classificação de estrelas e planetas, análise de tendência mercadológica, definição de taxonomias, identificação de genes e proteínas, reconhecimento biométrico, segmentação de imagens, análise do padrão de comportamento, entre muitas outras aplicações (Xu and Wunsch, 2009).

Com o surgimento de uma ampla gama de algoritmos de agrupamento de dados, surgiu a necessidade didática e prática de classificá-los. Uma das classificações mais aceitas e disseminadas consideram como característica segregadora a forma com que os grupos são encontrados pelos algoritmos. Assim, a literatura apresenta quatro principais classes de algoritmos de agrupamento de dados, (i) os particionais, que separam os registros do conjunto de dados em k grupos por uma medida de similaridade ou dissimilaridade, (ii) os hierárquicos, que encontram todos os possíveis grupos para posteriormente selecionar um deles, (iii) os baseados em modelo, que adotam como premissa que dados seguem distribuições estatísticas, e (iv) os baseados em redes neurais, que encontram o grupo aplicado os conceitos de redes neurais no conjunto de dados (Xu and Wunsch, 2009).

Apesar de cada tipo de algoritmo apresentar vantagens e desvantagens, não é possível afirmar que há soberania entre eles, independentemente do problema, o que significa que cada um responde de maneira específica às características do conjunto de dados e, principalmente, ao objetivo da análise (Jain, 2010). No entanto, os algoritmos particionais são, de maneira geral, mais utilizados do que outros em problemas reais, por apresentarem características que favorecem suas aplicações, como a facilidade de implementação, a linearidade em relação ao número de registros do conjunto de dados e o rápido processamento (Ahmad and Khan, 2019). Um destes algoritmos é o *k-means*, um dos primeiros algoritmos de agrupamento de dados particional, que utiliza a distância Euclidiana para associar cada registro do conjunto de dados a um dos *k* grupos pré-definidos pelo usuário. O *k-means*, que foi proposto por MacQueen (1967), aceita apenas conjuntos de dados numéricos, assim como a maioria dos algoritmos de agrupamento de dados disponíveis atualmente.

Embora haja um avançado desenvolvimento dos algoritmos de agrupamento de dados para dados de tipo único, esta não é a realidade da maioria dos conjuntos de dados dos problemas reais, já que em muitos casos os registros são caracterizados por atributos mistos (dados numéricos e categóricos). Um exemplo simples de conjunto de dados mistos em um problema real é uma base de dados de clientes. Para realizar a agrupamento de clientes por um algoritmo de agrupamento de dados, este deve ser capaz de lidar com atributos numéricos (idade e média salarial, por exemplo) e atributos categóricos (sexo, cidade, estado, país etc.).

Dois estratégias têm sido adotadas para lidar com estes tipos de dados. A primeira consiste em transformar o conjunto de dados mistos em um conjunto de dados de tipo único, utilizando algum método de transformação de dados. A segunda estratégia consiste em calcular a dissimilaridade de ambos os tipos de dados, na mesma função objetivo (Foss, Markatou and Ray, 2019). Ainda que a transformação dos dados (primeira estratégia) possa usufruir do desenvolvimento dos algoritmos de tipo único, este procedimento muda o espaço original dos dados, podendo torná-los menos inteligíveis. Ao considerar duas funções de dissimilaridade na mesma função objetivo (segunda estratégia), os dados originais são mantidos, mas pelo fato do desenvolvimento este tipo de algoritmo ainda ser recente, eles podem ser menos eficientes do que os algoritmos que lidam apenas com dados numéricos ou categóricos, além de apresentarem alguns desafios técnicos e conceituais, que atualmente se mostram como questões abertas de pesquisa, as quais foram sumarizadas em alguns artigos de revisão.

Em 2018, dois artigos de revisão foram publicados. O trabalho de Balaji and Lavanya (2018) objetivou realizar uma crítica análise dos algoritmos mais efetivos para realizar o agrupamento de dados mistos. Embora os autores tenham descrito os trabalhos considerados com atributos relevantes para a análise, eles se limitaram a citar poucos algoritmos de cada tipo de agrupamento. Miyamoto, Huynh and Fujiwara (2018) trouxeram uma suscita apresentação de algumas medidas de dissimilaridade usadas para dados categóricos e fizeram uma breve descrição de poucos algoritmos. Por isso, o trabalho se resume em um detalhamento superficial que não explora profundamente a temática. Em 2019, mais três artigos de revisão foram publicados. van de Velden, D'Enza and Markos (2019) propuseram uma revisão dos algoritmos de agrupamento de dados baseados em distância, especificamente os algoritmos particionais e hierárquicos, abordando como a redução de dimensionalidade é realizada para os conjuntos de dados mistos e apontando as funções de dissimilaridade mais utilizadas. Os autores também compararam cinco algoritmos de agrupamento de dados mistos em três bases de dados. Embora o artigo tenha proposto uma discussão sobre a temática em questão, os autores exploraram superficialmente os tópicos, deixando de citar trabalhos importantes da área e se limitando a apresentar as abordagens principais, sem realizar uma discussão e sumarização consistente do tema. Foss, Markatou and Ray (2019) apresentaram uma revisão sobre as medidas de distância e os métodos de agrupamento para dados mistos, analisando de maneira teórica e empírica os trabalhos considerados, os quais se referiam apenas aos algoritmos particionais e baseados em modelo. Ahmad and Khan (2019) trouxeram uma extensa e completa revisão sobre o agrupamento de dados mistos, citando uma ampla gama de trabalhos nas diversas classes de agrupamento. Além disso, o trabalho também faz uma vasta discussão sobre os desafios e as questões de pesquisa.

Embora os cinco trabalhos supracitados tenham feito revisões sobre a técnica de agrupamento de dados mistos, ainda não foi publicado nenhuma revisão sistemática da literatura para este tema. Uma revisão sistemática se preocupa a responder uma pergunta pontal sobre o tema em questão, beneficiando-se de um método regrado para encontrar e selecionar os trabalhos que estejam alinhados com o objetivo da análise, o que contribui com a transparência da pesquisa. Segundo Kitchenham (2004) a vantagem de uma revisão sistemática está em resumir as informações existentes sobre alguns fenômenos de maneira completa e imparcial, além de ser possível explorar os dados usando técnicas de meta-análise, aumentando a

probabilidade de detectar efeitos reais que estudos individuais menores seriam incapazes de detectar.

Portanto, este artigo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a técnica de agrupamento de dados mistos, especificamente sobre os trabalhos baseados no algoritmo *k-means*, que endereçaram uma função de dissimilaridade para cada tipo de atributo (numérico e categórico) e que foram publicados em veículos de divulgação científica de alto impacto. Para isso, almeja-se encontrar as palavras-chave que endereçam os trabalhos alinhados com o objetivo desta análise, definir a base de dados, critérios e filtros de seleção para que seja possível obter uma visão sobre a temática em questão. Este artigo está organizado como segue. A seção 2 descreve a metodologia utilizada nesta revisão bibliográfica sistemática, apresentando as etapas do trabalho. A seção 3 apresenta os resultados da revisão, trazendo uma análise quantitativa dos trabalhos publicados na temática de interesse, bem como uma breve descrição deles. Finalmente, a seção 4 conclui o trabalho.

2. METODOLOGIA

Uma das principais diferenças entre a revisão sistemática e a revisão tradicional, também conhecida por revisão narrativa, está no fato de que a primeira estabelece formalmente um protocolo, ou seja, um plano para conduzir a busca, seleção e discussão dos trabalhos. Dessa forma, o protocolo adotado nesta revisão se baseia nas etapas sugeridas por Kitchenham (2004), que consistem em definir: (i) as perguntas a serem respondidas; (ii) as palavras-chaves, bases de dados e a *string* de busca; (iii) os critérios de seleção dos trabalhos; (iv) a estratégia de exploração dos trabalhos, e (v) a estratégia de síntese dos trabalhos selecionados. Considerando que o interesse central desta revisão é a técnica de agrupamento de dados mistos (apenas atributos numéricos e categóricos), especificamente os trabalhos baseados no algoritmo *k-means*, que endereçaram uma função de dissimilaridade para cada tipo de atributo e que foram publicados em veículos de divulgação científica de alto impacto, definiu-se cinco questões de interesse (Tabela 1), as quais serão respondidas na próxima seção, juntamente com a descrição e análise dos trabalhos selecionados.

Tabela 1. Questões de interesse desta revisão sistemática da literatura

Código	Questões
Q1	Com que frequência esta temática é explorada?
Q2	Quem são os principais autores e países que publicam neste tema?
Q3	Quais são as áreas que mais publicam nesta temática?
Q4	Quais são os trabalhos mais citados?
Q5	Existem temas comumente abordados pelos trabalhos?

Levando em conta as questões da Tabela 1, realizou-se uma busca e um estudo prévio de trabalhos que endereçavam a técnica de agrupamento de dados mistos. Este estudo foi norteado pelo objetivo de conhecer os termos-chave mais utilizados e de compreender os conceitos básicos desta temática. Após isso, foi possível estabelecer as palavras-chaves e uni-las em uma *string* de busca, a qual foi usada na base de dados *Scopus*. A *string* foi definida como segue ((*cluster** AND (*"mixed data*" OR "mixed type" OR "mixed-type" OR "multiple attribute*" OR "mixed feature*" OR "mixed variable*" OR "numeric* and categoric*" OR "categoric* and numeric*" OR "numeric* and non-numeric*" OR "non-numeric* and numeric*" OR "internal and categoric*" OR " categoric* and internal"*))). A busca ocorreu no título, palavras-chave e resumo dos trabalhos indexados na base. A pesquisa ocorreu em agosto de 2019.

Como critérios de seleção dos trabalhos, estabeleceu-se que todos os trabalhos até 2018 seriam considerados na análise, embora apenas trabalhos publicados em inglês seriam passíveis de consideração, além daqueles que tivessem sido publicados em veículos de divulgação científica com o indicador *Journal Citation Report* (JCR) maior do que um, ou com pelo menos dois indicadores maiores do que um, considerando o JCR, *CiteScore*, *SCImago Journal Rank* (SJR) and *Source Normalized Impact per Paper* (SNIP) de 2019. Após a definição dos critérios de seleção, ainda foi estabelecido que os artigos passariam por três filtros de leitura a fim de selecionar apenas os trabalhos que estivessem alinhados com o objetivo da análise. O primeiro filtro consistiu na leitura do título, resumo e palavras-chave de todos os artigos considerados até então. Dos trabalhos que passavam pelo primeiro filtro, estabeleceu-se que a leitura deveria contemplar a introdução e conclusão dos trabalhos. Finalmente, no terceiro filtro foi feita a leitura do trabalho completo, de maneira atenta e detalhada. Como resultado do terceiro filtro, obteve-se os trabalhos analisados

neste artigo, cuja apresentação e discussão são feitas na próxima seção. A Tabela 2 traz uma sumarização da quantidade de trabalhos que, primeiramente, retornou na base de dados, e permaneceram ao longo da revisão após a aplicação dos critérios e filtros de seleção.

Tabela 2. Sumarização dos resultados da revisão sistemática.

Base de dados	Total	em Inglês	Após os critérios	Após os filtros
Scopus	1.104	1.010	456	37

Como pode ser visto na Tabela 2, um total de 1.104 trabalhos foram obtidos como resultado da busca pela *string* apresentada. Ao refinar a busca, restringindo-a os trabalhos em inglês, obteve-se um total de 1.010. Após a aplicação do critério que considerava o impacto do veículo de divulgação científica, 456 trabalhos permaneceram. Como resultado dos filtros, obteve-se 37 trabalhos que abordaram o agrupamento de dados mistos baseados no algoritmo *k-means*, entre os quais estavam trabalhos que propuseram novos algoritmos e trabalhos que apenas aplicaram algum algoritmo existente.

3. RESULTADOS

A seguir, os 37 trabalhos resultantes da revisão sistemática são brevemente descritos. Após isso, apresenta-se uma análise gráfica destes trabalhos e responde-se as questões da Tabela 1. O primeiro trabalho que estava alinhado com os objetivos desta revisão foi o de Huang (1998). O autor propõe duas modificações no algoritmo *k-means* para que este pudesse trabalhar com dados categóricos (*k-modes*) e com dados mistos (*k-prototypes*). Ng and Wong (2002) propuseram uma versão *fuzzy* para o *k-modes* e para o *k-prototype*, além de aplicarem o *tabu search* para a definição dos centroides. Ahmad and Dey (2007) propuseram uma nova função objetivo e uma nova forma de mensurar a dissimilaridade entre os registros baseada na co-ocorrência dos valores. Bushel, Wolfinger and Gibson (2007) apresentam o algoritmo *modk-prototype*, uma modificação do algoritmo *k-prototype* que lida com dados médicos, os quais consideram simultaneamente microarranjos de expressão gênica, classes de variáveis fenotípicas conhecidas, como avaliações de química clínica e observações histopatológicas. Cheng and Leu (2008) propuseram um novo algoritmo baseado no *k-prototype* para lidar com as restrições impostas pelo problema de inspeção de manutenção de pontes.

Lee and Pedrycz (2009) apresentam um novo algoritmo baseado no *k-prototype*, chamado de *p-mode prototype*, o qual considera a frequência das classes dos atributos categóricos para determinar os centroides. Cheng and Leu (2009) generalizam a proposta feita no artigo de 2008, nomeando o algoritmo proposto de *constrained k-prototypes* (CKP). Ahmad and Dey (2011) propuseram uma modificação no *k-means* de maneira que o algoritmo conseguisse trabalhar com dados mistos em subespaços. Cheng and Leu (2011) generalizaram o método KJ, que é um método de diagrama de afinidade, para lidar dados mistos e restrições a fim de aplicá-lo para a classificação de defeitos de pontes. Os autores são os mesmos que propuseram o algoritmo CKP e que publicaram um artigo sobre o mesmo assunto em 2008. Pham, Suarez-Alvarez and Prostov (2011) aplicaram a meta-heurística *Bee Algorithm* no *k-prototype* com o objetivo de inicializar os centroides e evitar que o agrupamento ficasse preso em mínimos locais. Liang *et al.* (2012) determinaram o número de grupos pela entropia de informação no algoritmo *k-prototype*. Ji *et al.* (2013) propuseram uma nova função de dissimilaridade para o algoritmo *k-prototype*, além de um método para determinar o centroide. Cheung and Jia (2013) apresentaram um algoritmo chamado em *Iterative Clustering Learning Based on Object-Cluster Similarity Metric* (OCIL) que calcula o número de grupos, penalizando aqueles que são redundantes. Ovesná *et al.* (2013) analisaram a estrutura genética de uma coleção de cevada pelo agrupamento de dados usando o *k-means* e uma matriz de dissimilaridade construída pela dissimilaridade de Gower. Han *et al.* (2014) fizeram uma generalização do algoritmo *k-anonymity* para dados mistos. O algoritmo *k-anonymity* visa proteger a privacidade dos dados durante o processo de mineração. Harikumar and Surya (2015) propuseram uma modificação no *k-medoid* (algoritmo PAM) para trabalhar com dados mistos, por meio de uma nova função de dissimilaridade. Ji *et al.* (2015) apresentaram um método para inicialização dos centroides no algoritmo *k-prototype*. Sangam and Om (2015) propuseram o algoritmo *Hybrid Data Labeling Algorithm* (HDLA) para atribuir um novo registro a um dos grupos já existentes. Os autores usam os algoritmos *k-prototype* e o OCIL. Thong and Son (2016) fazem uma melhoria no *Picture Fuzzy Set* (PFS) por meio da definição de múltiplos centros usando o *Particle Swarm Optimization* (PSO).

Ahmad and Hashmi (2016) fizeram uma generalização do algoritmo *k-harmonic* para dados mistos. O *k-harmonic* é um algoritmo para dados numéricos que propõe um método melhor para a inicialização dos centroides ao invés de fazer uma inicialização randômica no algoritmo *k-means*. Amorim and Makarenkov (2016) apresentaram uma modificação no *k-means* para dados mistos, atribuindo diferentes valores de peso para os atributos ao considerar um cenário de sub agrupamento. Bishnu and Bhattacharjee (2016) apresentaram uma generalização do *k-modes* para dados mistos com o objetivo de aplicar o algoritmo proposto em uma análise de custo de *software*. Drakopoulos *et al.* (2016) abordaram o problema de inicialização dos centroides no *k-means* para dados mistos por meio de algoritmos *fuzzy* que dividem o conjunto de dados em *grids* e pela densidade determinam o ponto de centroide. Além disso, o artigo também propõe um índice de qualidade externo de agrupamento para dados mistos.

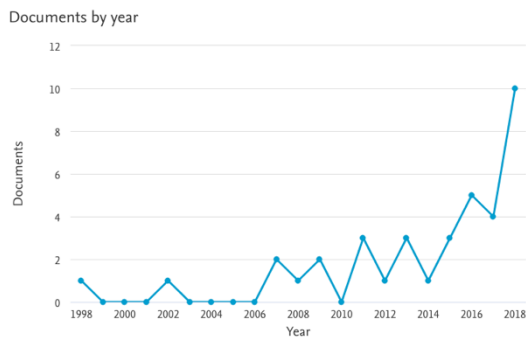
Wangchamhan, Chiewchanwattana and Sunat (2017) endereçaram o trabalho para resolver o problema de inicialização dos centróides no *k-means*, considerando a dissimilaridade de Gower para lidar com dados mistos. Kim (2017) propuseram um método para acelerar a execução do algoritmo *k-prototype*, pela redução do cálculo das distâncias. Özbakır and Turna (2017) modelaram duas meta-heurísticas para endereçar o problema de definição dos grupos. Bathla, Aggarwal and Rani (2018) propuseram a implementação do *k-prototype* no *mapreduce* para trabalhar com *big data*. Sangam and Om (2018) apresentaram uma nova função de dissimilaridade para o *k-prototypes* a fim de igualar as escalas de ambas dissimilaridades (categórica e numérica), sem que o algoritmo perdesse a escalabilidade. Davoodi and Moradi (2018) utilizaram as mesmas dissimilaridades definidas em Ji *et al.* (2012) para compor uma das etapas de um *framework* de *deep learning* com o objetivo de fazer a previsão de mortalidade em unidade de urgência. Gu *et al.* (2018) propuseram uma modificação do *k-prototype* para que o algoritmo fosse capaz de lidar com multiobjetivos e com a auto adaptação do número de cluster com objetivo de otimizar a combustão em uma cadeira, sujeita a restrições. Hong *et al.* (2018) apresentaram uma modificação na função de dissimilaridade do *k-prototype* com o objetivo de gerenciar o comportamento de carga de veículos elétricos. Jia and Cheung (2018) propuseram um algoritmo para atribuir peso para as variáveis nos diferentes grupos (sub agrupamento), além disso apresentaram um método de inicialização dos centroides e definição do número dos grupos. Li *et al.* (2018) desenvolveram um algoritmo para determinar o número de grupos, considerando um método de penalização para evitar grupos redundantes, além de um método para a inicialização dos centroides para realizar uma análise de eventos excepcionais em armazéns. Najjar *et al.* (2018) aplicaram o algoritmo *k-prototype* para analisar dados médicos. Sangam and Om (2018) generalizam o algoritmo HDLA para fluxo de dados. Yao *et al.* (2018) apresentaram um método para a inicialização dos centroides e atualização do número de grupos no *k-prototype*.

3.1 Análise Gráfica e Respostas

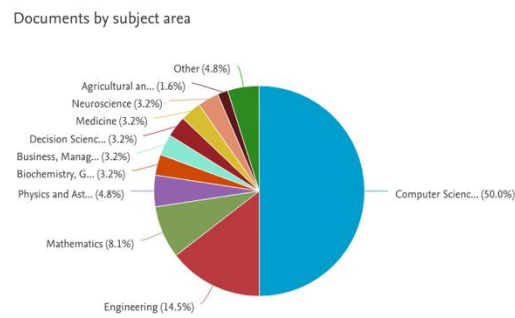
Com o objetivo de analisar visualmente os trabalhos resultantes da revisão sistemática, emitiu-se quatro gráficos. O Gráfico 1 (a) contempla a quantidade de trabalhos publicados por ano, o Gráfico 1 (b) traz a porcentagem de trabalhos por área do conhecimento, já os Gráficos 1 (c) e (d) mostram os dez principais autores e países que mais publicaram trabalhos na temática desta revisão, respectivamente. Considerando a descrição dos trabalhos e os gráficos, é possível responder algumas questões da Tabela 1. As outras informações que endereçam as respostas das questões remanescentes são fornecidas diretamente na resposta de cada uma. As respostas para cada questão seguem na Tabela 3.

4. CONCLUSÃO

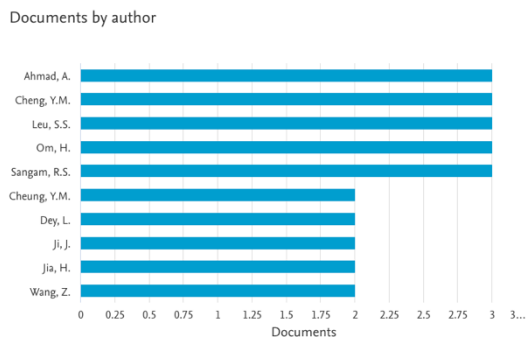
Este trabalho explorou os algoritmos de agrupamento de dados mistos baseados no *k-means*, divulgados em veículos de divulgação científica de alto impacto e que atribuiu uma função de dissimilaridade para cada tipo de atributo (numérico e categórico). Como resultado, obteve-se uma visão holística do desenvolvimento desta temática e compreendeu-se que, embora o agrupamento de dados mistos seja um tema recentemente abordado pelos pesquisadores, sua aplicação é demandada por inúmeras áreas do conhecimento.



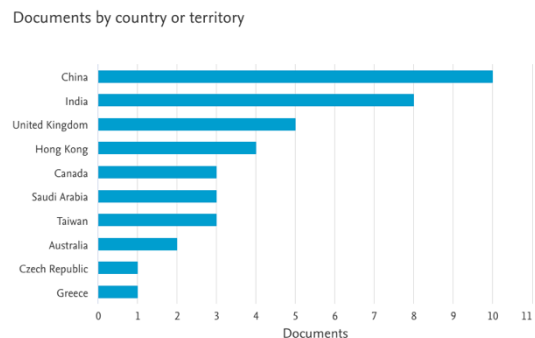
(a) Quantidade de trabalhos publicados por ano



(b) Porcentagem de trabalhos por área de conhecimento



(c) Dez primeiros autores que mais publicaram



(d) Dez primeiros países que mais publicaram

Gráfico 1. Análise gráfica dos 37 artigos resultantes da revisão sistemática. Fonte: Scopus (2019)

Tabela 3. Respostas das questões de interesse desta revisão sistemática

Código	Questões e respostas
Q1	Com que frequência esta temática é explorada?
R1	O Gráfico 1 (a) mostra que a frequência de publicação até 2010 foi de até dois artigos por ano. A partir de 2011 a quantidade de artigos por ano aumentou consideravelmente, mostrando que esta temática está em alta.
Q2	Quem são os principais autores e países que publicam neste tema?
R2	Os Gráficos 1 (c) e (d) trazem os dez principais autores e países que endereçaram seus trabalhos nesta temática, respectivamente. Pode-se notar que os pesquisadores Ahmad, A., Cheng, Y. M., Leu, S. S. Om, H. e Sangam, R. S. são os que mais publicaram trabalhos neste tema, seguidos de outros. Com relação aos países, China, Índia e Reino Unido são os três principais países que contribuíram com essa temática, seguidos de Hong Kong, Canadá, Arábia Saudita, Taiwan, Austrália, República Checa e Grécia.
Q3	Quais são as áreas que mais publicam nesta temática?
R3	O Gráfico 1 (b) mostra que as áreas que mais publicam são Ciência da Computação, Engenharia e Matemática.
Q4	Quais são os trabalhos mais citados?
R4	Os três trabalhos mais citados são do Huang (1998), com 1.168 citações, seguido do artigo do Ahmad and Dey (2007) com 285 citações e do trabalho de Ng and Wong (2002) com 70 citações.
Q5	Existem temas comumente abordados pelos trabalhos?
R5	Sim, os trabalhos generalizam algoritmos tradicionais para dados numéricos para que estes possam lidar com dados mistos. Além disso, é comum propostas para a definição do número de grupos e centroides.

REFERÊNCIAS

- Ahmad, Amir and Dey, L. (2007) 'A k-mean clustering algorithm for mixed numeric and categorical data', *Data and Knowledge Engineering*, 63(2), pp. 503–527. doi: 10.1016/j.datak.2007.03.016.
- Ahmad, A and Dey, L. (2007) 'A k-mean clustering algorithm for mixed numeric and categorical data', *Data and Knowledge Engineering*, 63(2), pp. 503–527. doi: 10.1016/j.datak.2007.03.016.
- Ahmad, A. and Dey, L. (2011) 'A k-means type clustering algorithm for subspace clustering of mixed numeric and categorical datasets', *Pattern Recognition Letters*, 32(7), pp. 1062–1069. doi: 10.1016/j.patrec.2011.02.017.
- Ahmad, A. and Hashmi, S. (2016) 'K-Harmonic means type clustering algorithm for mixed datasets', *Applied Soft Computing Journal*, 48, pp. 39–49. doi: 10.1016/j.asoc.2016.06.019.
- Ahmad, A. and Khan, S. S. (2019) 'Survey of State-of-the-Art Mixed Data Clustering Algorithms', *IEEE Access*, 7, pp. 31883–31902. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2903568.
- Amorim, R. C. de and Makarenkov, V. (2016) 'Applying subclustering and L distance in Weighted K-Means with distributed centroids', *Neurocomputing*, 173, pp. 700–707. doi: 10.1016/j.neucom.2015.08.018.
- Balaji, K. and Lavanya, K. (2018) 'Clustering Algorithms for Mixed Datasets: A Review', *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 118(7), pp. 547–556.
- Bishnu, P. S. and Bhattacharjee, V. (2016) 'Software cost estimation based on modified K-Modes clustering Algorithm', *Natural Computing*, 15(3), pp. 415–422. doi: 10.1007/s11047-015-9492-7.
- Bushel, P. R., Wolfinger, R. D. and Gibson, G. (2007) 'Simultaneous clustering of gene expression data with clinical chemistry and pathological evaluations reveals phenotypic prototypes', *BMC Systems Biology*, 1, pp. 1–20.
- Cheng, Y.-M. and Leu, S.-S. (2008) 'Constraint-based clustering model for determining contract packages of bridge maintenance inspection', *Automation in Construction*, 17(6), pp. 682–690. doi: 10.1016/j.autcon.2007.12.001.
- Cheng, Y.-M. and Leu, S.-S. (2009) 'Constraint-based clustering and its applications in construction management', *Expert Systems with Applications*, 36(3 PART 2), pp. 5761–5767. doi: 10.1016/j.eswa.2008.06.100.
- Cheng, Y. M. and Leu, S. Sen (2011) 'Integrating data mining with KJ method to classify bridge construction defects', *Expert Systems with Applications*. Elsevier Ltd, 38(6), pp. 7143–7150. doi: 10.1016/j.eswa.2010.12.047.
- Cheung, Y.-M. and Jia, H. (2013) 'Categorical-and-numerical-attribute data clustering based on a unified similarity metric without knowing cluster number', *Pattern Recognition*, 46(8), pp. 2228–2238. doi: 10.1016/j.patcog.2013.01.027.
- Davoodi, R. and Moradi, M. H. (2018) 'Mortality prediction in intensive care units (ICUs) using a deep rule-based fuzzy classifier', *Journal of Biomedical Informatics*, 79, pp. 48–59. doi: 10.1016/j.jbi.2018.02.008.
- Drakopoulos, G. et al. (2016) 'A Fuzzy Graph Framework for Initializing k-Means', *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 25(6). doi: 10.1142/S0218213016500317.
- Foss, A. H., Markatou, M. and Ray, B. (2019) 'Distance Metrics and Clustering Methods for Mixed-type Data', *International Statistical Review*. John Wiley & Sons, Ltd (10.1111), 87(1), pp. 80–109. doi: 10.1111/insr.12274.
- Gu, H. et al. (2018) 'Optimized scheme in coal-fired boiler combustion based on information entropy and modified K-prototypes algorithm', *Results in Physics*, 9, pp. 1262–1274. doi: 10.1016/j.rinp.2018.04.045.
- Han, J. et al. (2014) 'MAGE: A semantics retaining K-anonymization method for mixed data', *Knowledge-Based Systems*. Elsevier B.V., 55, pp. 75–86. doi: 10.1016/j.knosys.2013.10.009.
- Harikumar, S. and Surya, P. V (2015) 'K-Medoid Clustering for Heterogeneous DataSets', in *Procedia Computer Science*, pp. 226–237. doi: 10.1016/j.procs.2015.10.077.
- Hennig, C. (2015) 'What are the true clusters?', *Pattern Recognition Letters*, 64, pp. 53–62. Available at: <http://arxiv.org/abs/1502.02555> (Accessed: 6 August 2019).
- Hong, J. et al. (2018) 'Development of EV charging templates: An improved K-prototypes method', *IET Generation, Transmission and Distribution*, 12(20), pp. 4361–4367. doi: 10.1049/iet-gtd.2017.1911.
- Huang, Z. (1998) 'Extensions to the k-means algorithm for clustering large data sets with categorical values', *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2(3), pp. 283–304. doi: 10.1023/A:1009769707641.
- Jain, A. K. (2010) 'Data clustering: 50 years beyond K-means', *Pattern Recognition Letters*. Elsevier B.V., 31(8), pp. 651–666. doi: 10.1016/j.patrec.2009.09.011.
- Jain, A. K. and Dubes, R. C. (1988) *Algorithms for clustering data*. Englewood Cliffs, N.J., USA: Prentice Hall.
- Ji, J. et al. (2012) 'A fuzzy k-prototype clustering algorithm for mixed numeric and categorical data', *Knowledge-Based Systems*. Elsevier, 30, pp. 129–135. doi: 10.1016/j.knosys.2012.01.006.
- Ji, J. et al. (2013) 'An improved k-prototypes clustering algorithm for mixed numeric and categorical data', *Neurocomputing*, 120, pp. 590–596. doi: 10.1016/j.neucom.2013.04.011.

- Ji, J. *et al.* (2015) ‘An Initialization Method for Clustering Mixed Numeric and Categorical Data Based on the Density and Distance’, *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 29(7).
- Jia, H. and Cheung, Y.-M. (2018) ‘Subspace clustering of categorical and numerical data with an unknown number of clusters’, *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 29(8), pp. 3308–3325. doi: 10.1109/TNNLS.2017.2728138.
- Kim, B. (2017) ‘A fast K-prototypes algorithm using partial distance computation’, *Symmetry*, 9(4). doi: 10.3390/sym9040058.
- Kitchenham, B. (2004) *Procedures for Performing Systematic Literature Reviews, Joint Technical Report, Keele University TR/SE-0401 and NICTA TR-0400011T.1.*
- Lee, M. and Pedrycz, W. (2009) ‘The fuzzy C-means algorithm with fuzzy P-mode prototypes for clustering objects having mixed features’, *Fuzzy Sets and Systems*, 160(24), pp. 3590–3600. doi: 10.1016/j.fss.2009.06.015.
- Li, N. *et al.* (2018) ‘Exceptional events classification in warehousing based on an integrated clustering method for a dataset with mixed-valued attributes’, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 31(11), pp. 1078–1096. doi: 10.1080/0951192X.2018.1509129.
- Liang, J. *et al.* (2012) ‘Determining the number of clusters using information entropy for mixed data’, *Pattern Recognition*. Elsevier, 45(6), pp. 2251–2265. doi: 10.1016/j.patcog.2011.12.017.
- MacQueen, J. (1967) ‘Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations’, in *5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. Berkeley, CA, USA: University of California Press, pp. 281–297.
- Miyamoto, S., Huynh, V.-N. and Fujiwara, S. (2018) ‘Methods for Clustering Categorical and Mixed Data: An Overview and New Algorithms’, *Proceedings of the International Symposium on Integrated Uncertainty in Knowledge Modelling and Decision Making (IUKM 2011)*, 1, pp. 75–86. doi: 10.1007/978-3-319-75429-1_7.
- Najjar, A. *et al.* (2018) ‘A two-step approach for mining patient treatment pathways in administrative healthcare databases’, *Artificial Intelligence in Medicine*, 87, pp. 34–48. doi: 10.1016/j.artmed.2018.03.004.
- Ng, M. K. and Wong, J. C. (2002) ‘Clustering categorical data sets using tabu search techniques’, *Pattern Recognition*, 35(12), pp. 2783–2790. doi: 10.1016/S0031-3203(02)00021-3.
- Ovesná, J. *et al.* (2013) ‘Analysis of the Genetic Structure of a Barley Collection Using DNA Diversity Array Technology (DArT)’, *Plant Molecular Biology Reporter*, 31(2), pp. 280–288. doi: 10.1007/s11105-012-0491-x.
- Özbakır, L. and Turna, F. (2017) ‘Clustering performance comparison of new generation meta-heuristic algorithms’, *Knowledge-Based Systems*, 130, pp. 1–16. doi: 10.1016/j.knosys.2017.05.023.
- Pham, D.-T., Suarez-Alvarez, M. M. and Prostov, Y. I. (2011) ‘Random search with k-prototypes algorithm for clustering mixed datasets’, *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 467(2132), pp. 2387–2403. doi: 10.1098/rspa.2010.0594.
- Sangam, R. S. and Om, H. (2015) ‘Hybrid data labeling algorithm for clustering large mixed type data’, *Journal of Intelligent Information Systems*, 45(2), pp. 273–293. doi: 10.1007/s10844-014-0348-x.
- Sangam, Ravi Sankar and Om, H. (2018) ‘An equi-biased k-prototypes algorithm for clustering mixed-type data’, *Sadhana - Academy Proceedings in Engineering Sciences*. Springer India, 43(3), pp. 1–12. doi: 10.1007/s12046-018-0823-0.
- Sangam, R S and Om, H. (2018) ‘Equi-Clustream: A framework for clustering time evolving mixed data’, *Advances in Data Analysis and Classification*, 12(4), pp. 973–995. doi: 10.1007/s11634-018-0316-3.
- Scopus (2019) *Scopus, Analyze search results*. Available at: <https://www.scopus.com/>.
- Thong, P. H. and Son, L. H. (2016) ‘Picture fuzzy clustering for complex data’, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 56, pp. 121–130. doi: 10.1016/j.engappai.2016.08.009.
- van de Velden, M., D’Enza, A. I. and Markos, A. (2019) ‘Distance-based clustering of mixed data’, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 11(3). doi: 10.1002/wics.1456.
- Wangchamhan, T., Chiewchanwattana, S. and Sunat, K. (2017) ‘Efficient algorithms based on the k-means and Chaotic League Championship Algorithm for numeric, categorical, and mixed-type data clustering’, *Expert Systems with Applications*, 90, pp. 146–167. doi: 10.1016/j.eswa.2017.08.004.
- Xu, R. and Wunsch, D. C. (2009) *Clustering*. Edited by D. B. Fogel. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Yao, X. *et al.* (2018) ‘An Improved Clustering Algorithm and Its Application in WeChat Sports Users Analysis’, in *Procedia Computer Science*, pp. 166–174. doi: 10.1016/j.procs.2018.03.067.

ANÁLISE DO DESEMPENHO DOS ALUNOS DE CURSOS SUPERIORES EM COMPUTAÇÃO NO ENADE – UMA ABORDAGEM USANDO MINERAÇÃO DE DADOS

Alexsander Figueiredo Silva, Raphael Magalhães Hoed e Pedro Fábio Saraiva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – Campus Januária, Brasil

RESUMO

A qualidade do ensino superior brasileiro gera impactos sociais em relação à formação de bons profissionais com a capacidade de promover o desenvolvimento do país. O Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade) foi instituído com o propósito de analisar o conhecimento adquirido dos alunos de graduação brasileiros durante a sua formação acadêmica. Este artigo apresenta um estudo sobre o desempenho dos estudantes nos cursos superiores de computação com base nos microdados do Enade disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Foram utilizadas técnicas de mineração de regras de associação por meio do algoritmo *Apriori*, analisando-se quais fatores influenciam no desempenho dos estudantes ao realizar o exame em questão.

PALAVRAS-CHAVE

Apriori, Enade, Desempenho, Computação

1. INTRODUÇÃO

As avaliações de grande porte que são feitas no Brasil, desenvolvidas por órgãos públicos, têm um papel distinto e fundamental para a sociedade, pois visam obter informações sobre a eficiência e qualidade das organizações que proveem bens vitais para a população, tais como: saúde, educação e segurança. Esses dados são importantes, uma vez que, tendo em mão esses resultados, é possível avaliá-los para gerar ações interventivas com o objetivo de melhorar a qualidade na área com precariedade e aperfeiçoar a utilização dos recursos públicos.

Entre as diversas avaliações que são feitas no Brasil, encontra-se o Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade). Este exame é composto por questões referentes a conteúdos gerais e específicos. As questões são feitas de forma incisiva, para que seja possível avaliar as habilidades acadêmicas e as competências profissionais adquiridas pelos estudantes durante seu respectivo curso de graduação, verificando-se também a qualidade de ensino das instituições de educação superior (IES). Além disso, o Enade busca reunir informações pessoais relacionadas às características socioeconômicas dos estudantes (Limana; Brito, 2005). O Enade não apenas avalia a performance de seus participantes, mas também permite determinar a qualidade dos cursos de graduação, sendo que o conhecimento dos fatores correlacionados ao bom desempenho é importante para que medidas mais eficazes sejam tomadas por autoridades políticas e dirigentes em universidades, no sentido de ampliar esse desempenho positivo.

Devido à representatividade que sistemas de avaliação como o Enade possuem, é importante que estudos sejam conduzidos para examinar a validade desses sistemas de avaliação e para verificar os fatores que influenciam o bom desempenho do aluno ao realizar o exame. O Enade possibilita avaliar a excelência dos cursos por intermédio do desempenho dos estudantes (Primi et al., 2006). Como diversos fatores, incluindo os institucionais, podem influenciar o desempenho dos alunos de graduação (Soares, 2004), torna-se importante compreender as causas que estão associadas ao bom desempenho discente e também aquelas associadas ao mau desempenho, visando, nesse último caso, mitigá-las. Dentre os fatores que podem contribuir para o desempenho dos discentes no Enade, podemos mencionar os relacionados a questões socioeconômicas, conforme será detalhado na Seção 2.1, tornando útil, nesse contexto, avaliar o questionário

preenchido pelo estudante durante a realização deste exame, já que dispõe de questões deste tipo.

O objetivo geral dessa pesquisa é analisar os microdados do Enade disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) para verificar quais fatores, obtidos por meio do preenchimento de formulário durante a realização da prova, estão relacionados ao bom e ao mau desempenho do aluno no Enade. Os microdados usados na pesquisa são os referentes ao ano de 2017, devido ao fato de serem os dados mais atuais do Enade que envolvem os cursos superiores da área de computação.

Este artigo está dividido da seguinte forma: A Seção 2 mostra a fundamentação teórica, onde se encontra uma breve elucidação sobre o Enade, citando sua importância e representatividade e a técnica de mineração de dados utilizada; A Seção 3 mostra a metodologia empregada na pesquisa; A Seção 4 mostra os estudos realizados; A Seção 5 demonstra as conclusões obtidas ao longo do estudo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta Seção é dividida em duas subseções: a Subseção 2.1 discorre sobre o Enade, tratando de sua estrutura, a relevância de seu uso no Brasil e dos estudos relacionados ao tema e a Subseção 2.2 apresenta a técnica de mineração de dados de associação via algoritmo *A priori*.

2.1 Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes

O Enade é um componente curricular obrigatório nos cursos de graduação e tem sido utilizado não só para aferir a aprendizagem dos graduandos, mas também como instrumento de ranqueamento entre as IES. O discente não pode, portanto, se negar a fazer a prova do Enade. E pela relevância que ela apresenta para as IES, os professores, coordenadores de curso e gestores de maneira geral, não podem negligenciá-la, sob pena de impactar negativamente a avaliação da qualidade dos cursos.

O Enade compreende questões instrumentais relacionadas à formação do profissional e com o seu desenvolvimento como cidadão (Andriola, 2009). Este exame possui um questionário socioeconômico e cultural que deve ser preenchido por seus participantes e que, assim como a avaliação, também é obrigatório.

Conforme Rothen e Nasciutti (Rothen e Nasciutti, 2011) o Enade é estruturado da seguinte forma: a prova é aplicada para os alunos ingressantes e concluintes da instituição; os cursos são avaliados de forma trienal; a avaliação tem a mesma estrutura para todos os cursos: uma parte de formação geral e outra parte de conhecimentos específicos.

A Tabela 1 apresenta uma compilação de alguns autores que estudaram os dados do Enade e as respectivas técnicas empregadas no estudo:

Tabela 1. Estudos Envolvendo Dados do Enade

Autor	O que estudou	Técnicas utilizadas
Caetano et al. (2015)	Verificaram se existe diferença significativa entre as notas dos alunos dos cursos de Ciências Contábeis das modalidades de ensino a distância e presencial, resultantes do Enade de 2009.	Regressão simples e múltipla; teste não paramétrico de Mann-Whitney
Nicolini, De Andrade e Torres (2013)	Compararam o desempenho acadêmico de universidades, centros universitários e faculdades públicas e privadas, por tipo de instituição de ensino superior e pelo número de estudantes nelas matriculados, com base na performance dos egressos no curso de Administração no Enade 2009.	Estatística descritiva.
Ferreira (2015)	Identificou as variáveis significativas na explicação do resultado do Enade 2012 no curso de Ciências Contábeis.	Estatística descritiva; Modelo hierárquico linear.
Gutterres (2015)	Verificou a diferença de desempenho de estudantes cotistas e não cotistas na participação da nota do Enade.	Mínimos quadrados ordinários; método de decomposição de Oaxaca
De Carvalho e Cerqueira (2015)	Verificaram se, após cursar a graduação, o diferencial de desempenho acadêmico continua inferior entre os cotistas dos cursos de graduação em medicina e de direito, comparado com aqueles que ingressaram por ampla concorrência.	Estatística descritiva.

Da Paixão Rocha, Leles, e Queiroz (2018)	Verificaram a associação entre o desempenho de estudantes concluintes de Nutrição no Enade e fatores socioeconômicos, trajetória acadêmica e perfil da instituição.	Análise descritiva, regressão linear simples e regressão múltipla
Brito (2015)	Determinou como as características do corpo docente de uma IES influenciam o desempenho dos concluintes de seus cursos de graduação em Administração no Enade.	Regressão múltipla
Andrino Nogueira e Tsunoda (2015)	Analísaram a relação entre as características socioeconômicas dos estudantes que frequentam o ensino superior com o desempenho deles no Enade.	Mineração de dados – algoritmo C4.5
Leão et al. (2018)	Utilizaram mineração de regras de associação (algoritmo <i>Apriori</i>) para analisar os microdados do Enade nos anos de 2014 e 2016 nos cursos das instituições ligadas à Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), visando identificar as reclamações mais relevantes dos alunos e a partir delas propor melhorias no processo de ensino.	Mineração de dados – algoritmo <i>Apriori</i>
Figueiró et al. (2018)	Aplicaram a técnica clusterização aos microdados do Enade do ano de 2014, formando grupos das IES do Consórcio das Universidades Comunitárias Gaúchas (COMUNG) que oferecem o curso de graduação em Ciência da Computação	Mineração de dados – clusterização hierárquica
Vista, Figueiró e Chicon (2017)	Aplicaram a técnica clusterização aos microdados do Enade do ano de 2014 para extrair informações referentes ao desempenho dos acadêmicos do curso de Ciência da Computação no Rio Grande do Sul - Brasil	Mineração de dados – clusterização hierárquica
Landes e Manhães (2018)	Analísaram o desempenho dos participantes do Enade na área de computação nos anos de 2005, 2008, 2011 e 2014. Verificou-se predominância do sexo masculino entre os concluintes que fizeram a prova, aumento gradativo das idades dos alunos nos anos de 2011 e 2014 em comparação com os anos de 2008 e 2005 e notas médias nas provas de formação geral e conhecimentos específicos abaixo de 60%.	Análise estatística

A Tabela 1 apresentada não esgota o tema referente ao estudo dos microdados do Enade. Diversos autores exploraram o assunto e foi possível perceber que os aspectos relacionados ao desempenho dos discentes no Enade são multifatoriais. Dentre os estudos relacionados à área de computação, todos são focados em um grupo de instituições de ensino específicas, exceto o estudo feito por Landes e Manhães, que utilizou dados de todo o país. A proposta deste estudo consiste também na utilização dos microdados referentes a todos os cursos de Computação do Brasil. Contudo, se diferencia da proposta dos autores mencionados quanto à abordagem, utilizando-se a mineração de regras de associação no presente estudo, e também quanto ao ano avaliado (ano de 2017). Os resultados obtidos com esse trabalho podem ser aplicados à realidade de diversas instituições de ensino, conforme será apresentado na Seção 5 (conclusões).

2.2 Mineração de Regras de Associação

O algoritmo *Apriori* será usado nesse trabalho para mineração das regras de associação. Procura-se descobrir associações importantes entre o bom ou o mau desempenho do aluno na prova do Enade e os dados presentes no questionário preenchido pelos estudantes.

De acordo com Romão et al. (Romão et al.,1999) “Uma das técnicas mais atraentes é a Mineração de Regras de Associação, que tem como destaque o algoritmo *Apriori*. Ele pode trabalhar com um número grande de atributos, gerando várias alternativas combinatórias entre eles.”

De acordo com Hoed (Hoed, 2016), a mineração de regras de associação tem muitas aplicações comerciais em se tratando, por exemplo, de supermercados, quando se pode averiguar, a partir de um banco de dados, se a venda de um determinado produto também está associada à venda de outro produto. A descoberta de regras de associação desse tipo podem subsidiar decisões como melhor disposição das mercadorias no supermercado, colocando estrategicamente os produtos correlacionados uns próximos aos

outros. “O objetivo, então, é encontrar todas as regras de associação relevantes entre os itens, do tipo $X(\text{antecedente}) \Rightarrow Y(\text{consequente})$ ” (Romão et al., 1999). De acordo com Hoed (Hoed, 2016), a mineração de regras de associação não é útil apenas no contexto de transações comerciais, mas pode ser empregada também para análise de dados do ensino. No que diz respeito ao problema estudado neste artigo, pode-se verificar, por exemplo, se há associação entre o bom ou o mau desempenho dos alunos no Enade e a participação em projetos de pesquisa, atividades de extensão, monitorias, intercâmbios etc.

A descoberta de regras de associação pode ser decomposta em duas etapas, de acordo com Agrawal et al. (1993 apud Romão et al., 1999): localizar os conjuntos de itens (*itemsets*) que apresentam suporte superior ao mínimo definido à partida; utilizar os *itemsets* obtidos na etapa 1 para gerar as regras de associação do banco de dados. Algumas definições importantes sobre mineração de regras de associação: “A toda regra de associação $A \rightarrow B$ associamos um grau de confiança, denotado por $\text{conf}(A \rightarrow B)$ ” (de Amo, 2004). O grau de confiança seria a probabilidade de que uma transação que tenha um item, também contenha o outro item. A Equação 1 a seguir, formaliza essa definição (de Amo, 2004):

$$\text{conf}(A \rightarrow B) = \frac{\text{número de transações que suportam } (A \cup B)}{\text{número de transações que suportam } A} \quad (1)$$

De acordo com Ribeiro (Ribeiro, 2015), para encontrar regras consideradas fortes, além do suporte e da confiança, é também utilizada a medida *lift*, que é definida pela Equação 2:

$$\text{lift}(A, B) = \frac{P(A \cup B)}{P(A)P(B)} \quad (2)$$

Ainda de acordo com Ribeiro (Ribeiro, 2015), “A ocorrência de um item A é independente de um item B se $P(A \cup B) = P(A)P(B)$. Se não, existe uma correlação entre os itens”. Desta forma, se o valor da Equação 2 for menor que 1, então a ocorrência de A correlaciona-se negativamente com a ocorrência de B. Se o resultado for superior a 1, A e B se correlacionam positivamente, evidenciando que a ocorrência de A implica na ocorrência de B. Conforme será detalhado na Seção 3 (Metodologia), no âmbito desse estudo, só serão consideradas como válidas as regras obtidas cujo *lift* seja superior a 3.

As fases de execução do algoritmo *Apriori* compreendem geração, poda, validação (de Amo, 2004). Resumidamente, sem entrar em detalhes sobre cada fase, na fase de geração são gerados os *itemsets* que tenham alguma chance de serem frequentes. na fase de poda são descartados os *itemsets* sem chances de serem frequentes e na última fase é calculado o suporte de cada um dos *itemsets* do conjunto (de Amo, 2004). O funcionamento do algoritmo *Apriori* é descrito da seguinte forma:

Na primeira passagem, o suporte para cada item individual (conjuntos-de-1-item) é contado e todos aqueles que satisfazem o suporte_mínimo são selecionados, constituindo-se os conjuntos-de-1-item frequentes (F1).

Na segunda iteração, conjuntos-de-2-itens candidatos são gerados pela junção dos conjuntos-de-1-item (a junção é feita através da função *apriori-gen*) e seus suportes são determinados pela pesquisa no banco de dados, sendo, assim, encontrados os conjuntos-de-2-itens frequentes. O algoritmo *Apriori* prossegue iterativamente, até que o conjunto-de-k-itens encontrado seja um conjunto vazio. (de Vasconcelos e de Carvalho, 2004).

3. METODOLOGIA

Neste trabalho foi utilizada a técnica de mineração de regras de associação usando o algoritmo *Apriori* e utilizou-se a metodologia de mineração de dados *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM) que compreende as seguintes etapas: compreensão do negócio, compreensão dos dados, preparação dos dados, modelação (aplicação das técnicas de mineração de dados), avaliação dos resultados e desenvolvimento.

Na etapa de compreensão do negócio foram feitos os estudos para a compreensão dos objetivos da pesquisa conforme descrito nas seções anteriores desse trabalho.

Na etapa de compreensão dos dados foi feita a análise dos microdados do Enade disponibilizados no Portal do INEP (<http://portal.inep.gov.br/microdados>), sendo verificadas quais variáveis são importantes para o estudo com a utilização do *software* de planilha eletrônica *Microsoft Excel*. O *Excel* foi utilizado nessa etapa, pois a maioria dos dados analisados encontra-se em formato *Comma Separated Values* (CSV). Foram utilizados os microdados correspondentes ao último ano em que os cursos de computação foram avaliados (ano de 2017). As seguintes variáveis foram consideradas nesse estudo:

- NU_IDADE: Idade do Inscrito
- TP_SEXO: Tipo de sexo
- NT_GER: Nota Bruta da Prova
- NT_FG: Nota Bruta da Formação Geral
- NT_CE: Nota Bruta no Componente Específico
- Variáveis do Questionário Socioeconômico (QE), que representam as variáveis do questionário dos estudantes, totalizando 81 variáveis.

Durante a preparação dos dados, foi feita a limpeza da base de dados removendo as variáveis que não são importantes para o estudo, utilizando nesse processo o *software Excel*. Algumas variáveis foram discretizadas para facilitar a análise dos dados: NT_GER, NT_FG, NT_CE e NU_IDADE.

Na discretização das variáveis de notas, foram utilizados os quartis matemáticos para classificar os valores. Em se tratando da variável NT_GER, notas entre 0 e 33,4 são consideradas notas baixas (abaixo do primeiro quartil), entre 33,4 e 42,9 notas abaixo da média (entre o primeiro e o segundo quartil), entre 42,9 e 53,1 notas médias (entre o segundo e o terceiro quartil) e acima de 53,1 notas altas (acima do terceiro quartil). Para a variável NT_FG, notas entre 0 e 39,4 são consideradas notas baixa (abaixo do primeiro quartil), entre 39,4 e 52,3 notas abaixo da média (entre o primeiro e o segundo quartil), entre 52,3 e 64 notas médias (entre o segundo e o terceiro quartil) e acima de 64 notas altas (acima do terceiro quartil). Para a variável NT_CE, notas entre 0 e 29,6 são consideradas notas baixas (abaixo do primeiro quartil), entre 29,6 e 40 notas abaixo da média (entre o primeiro e o segundo quartil), entre 40 e 51,4 notas médias (entre o segundo e o terceiro quartil) e acima de 51,4 notas altas (acima do terceiro quartil). Já a idade dos inscritos foi baseada na classificação usada pela *United Nations Demographic Yearbook review* (ONU, 2004). Inscritos com a faixa etária entre 15 e 24 anos são considerados Jovens, entre 25 e 59 anos são considerados Adultos e com 60 anos ou mais são considerados Idosos.

Durante a fase de modelação foi usado o algoritmo *Apriori* para verificar quais variáveis estão associadas ao bom ou mau desempenho nos cursos de computação, utilizando as notas de cada etapa da prova, sendo elas: NT_GER, NT_FG e NT_CE citadas na etapa anterior, relacionadas com o questionário respondido pelos participantes. Nesta etapa foi utilizado o *software R* versão 3.6.0. As regras foram filtradas considerando os seguintes parâmetros:

- Confiança mínima de 85%.
- Suporte compreendido entre 0,01 e 0,05.
- *Lift* igual ou superior a 3.
- Regras que não apresentam alguma das variáveis relacionadas à nota foram removidas do estudo, pois pretende-se localizar regras associadas ao rendimento do aluno.

No decorrer da fase de avaliação, os resultados gerados pelo algoritmo *Apriori* foram discutidos e analisados, o que será detalhado na Seção 4 deste artigo.

Durante a fase de desenvolvimento são discutidas ações no sentido de melhorar o desempenho dos alunos na prova, tendo em vista os resultados obtidos na fase anterior, conforme será detalhado na Seção 5.

4. ESTUDOS REALIZADOS

A Tabela 2 a seguir demonstra as saídas do *software R* ao aplicar o algoritmo *Apriori*. As regras apresentadas são apenas uma parcela das 75 que foram geradas pelo algoritmo. As 10 regras apresentadas compreendem aquelas com maior valor para o parâmetro *lift* dentre as 75 regras filtradas. Seguem os significados de cada uma das variáveis usadas: QE_I32 = “No curso você teve oportunidade de aprender a trabalhar em equipe.”; QE_I41 = “A coordenação do curso esteve disponível para orientação acadêmica dos estudantes.”; QE_I43 = “Foram oferecidas oportunidades para os estudantes participarem de programas, projetos ou atividades de extensão universitária.”; QE_I50 = “O estágio supervisionado proporcionou experiências

diversificadas para a sua formação.”; QE_I60 = “O curso disponibilizou monitores ou tutores para auxiliar os estudantes.”; QE_I09 = “Qual alternativa a seguir melhor descreve sua situação financeira (incluindo bolsas)?”; QE_I19 = “Quem lhe deu maior incentivo para cursar a graduação?”; QE_I26 = “Qual a principal razão para você ter escolhido a sua instituição de educação superior?”; QE_I53 = “Foram oferecidas oportunidades para os estudantes realizarem intercâmbios e/ou estágios fora do país.”; QE_I71 = “Você já tem experiência profissional no magistério, qual a forma de contrato? Assinale a alternativa mais relevante para você.”.

Seguem os significados para as respostas atribuídas às variáveis:

- Variáveis QE_I32, QE_I41, QE_I43, QE_I50 e QE_I60: As respostas possíveis para essa questão variam em uma escala de um (1) a seis (6), onde 1 corresponde a “Discordo Totalmente” e 6 corresponde a “Concordo Totalmente”. A resposta obtida nas regras geradas para essas variáveis, dentro da escala informada, foi **CINCO**.
- Variável QE_I53: A resposta **UM** corresponde a “Discordo Totalmente”
- Variável QE_I09: A resposta **E** corresponde a “Tenho renda e contribuo com o sustento da família”.
- Variável QE_I19: A resposta **A** corresponde a “Ninguém”.
- Variável QE_I26: A resposta **A** corresponde a “Gratuidade”.
- Variáveis QE_I71: A resposta **I** corresponde a “Não tenho experiência no magistério”.

Tabela 2. Regras de associação obtidas usando o Algoritmo *Apriori*

Num Regra	Item da Direita	Item da Esquerda	Suporte	Confiança	Lift
1	{NT_CE=NOTA_ALTA, QE_I60=CINCO}	=> {NT_GER=NOTA_ALTA}	0,04	0,88	3,53
2	{NT_CE=NOTA_ALTA, QE_I32=CINCO}	=> {NT_GER=NOTA_ALTA}	0,04	0,88	3,52
3	{NT_CE=NOTA_ALTA, QE_I50=CINCO}	=> {NT_GER=NOTA_ALTA}	0,04	0,88	3,52
4	{NT_CE=NOTA_ALTA, QE_I43=CINCO}	=> {NT_GER=NOTA_ALTA}	0,04	0,87	3,51
5	{NT_CE=NOTA_ALTA, QE_I41=CINCO}	=> {NT_GER=NOTA_ALTA}	0,04	0,87	3,51
6	{NT_CE=NOTA_BAIXA, QE_I71=I}	=> {NT_GER=NOTA_BAIXA}	0,04	0,88	3,54
7	{NT_CE=NOTA_BAIXA, QE_I09=E}	=> {NT_GER=NOTA_BAIXA}	0,04	0,85	3,42
8	{NT_CE=NOTA_BAIXA, QE_I19=A}	=> {NT_GER=NOTA_BAIXA}	0,03	0,85	3,40
9	{NT_GER=NOTA_BAIXA, QE_I26=A}	=> {NT_CE=NOTA_BAIXA}	0,03	0,85	3,37
10	{NT_GER=NOTA_BAIXA, QE_I53=UM}	=> {NT_CE=NOTA_BAIXA}	0,03	0,85	3,36

Para melhor compreensão, seguem os comentários das regras encontradas: Regra 1 - 88% dos estudantes que apresentaram nota alta em NT_CE e concordam que o curso disponibilizou monitores ou tutores para auxiliar os estudantes, também apresentaram nota alta em NT_GER; Regra 2 - 88% dos estudantes que apresentaram nota alta em NT_CE e tiveram oportunidade de aprender e trabalhar em equipe, também apresentaram nota alta em NT_GER; Regra 3 - 88% dos estudantes que apresentaram nota alta em NT_CE e afirmam que o estágio supervisionado proporcionou experiências diversificadas para a sua formação, também apresentaram nota alta em NT_GER; Regra 4 - 87% dos estudantes que apresentaram nota alta em NT_CE e afirmam que foram oferecidas oportunidades para os estudantes participarem de programas, projetos ou atividades de extensão universitária, também apresentaram nota alta em NT_GER; Regra 5 - 87% dos estudantes que apresentaram nota alta em NT_CE e afirmam que a coordenação do curso esteve disponível para orientação acadêmica dos estudantes, também apresentaram nota alta em NT_GER; Regra 6 - 88% dos estudantes que apresentaram nota baixa em NT_CE e não tiveram experiência profissional no magistério, também apresentaram nota baixa em NT_GER; Regra 7 - 85% dos estudantes que apresentaram nota baixa em NT_CE e que têm renda e contribuem com o sustento da família, também apresentaram nota baixa em NT_GER; Regra 8 - 85% dos estudantes que apresentaram nota baixa em NT_CE e não tiveram incentivo da parte de alguém para cursar graduação, também apresentaram nota baixa em NT_GER; Regra 9 - 85% dos estudantes que apresentaram nota baixa em NT_GER e escolheram a instituição de educação superior por ser

gratuita, também apresentaram nota baixa em NT_CE; Regra 10 – 85% dos estudantes que apresentaram nota baixa em NT_GER e que discordam que foram oferecidas oportunidades para os estudantes realizarem intercâmbios e/ou estágios fora do país, também apresentaram nota baixa em NT_CE.

5. CONCLUSÕES

O referente trabalho mostrou, utilizando técnicas de mineração de regras de associação, fatores que se relacionam diretamente com o desempenho dos participantes do Enade em cursos superiores de Computação. Encontraram-se evidências, em relação aos alunos com mau desempenho, de que esses participantes, em maioria: não tem apoio externo para ingressarem na graduação; possuem renda, porém essa renda é destinada para o sustento da família; não tem experiência profissional no magistério; escolhem a instituição de ensino baseada no seu custo, ou seja, a preferência de instituições gratuitas está à frente de escolhas em relação à reputação de qualidade da instituição, demonstrando que o fator econômico reflete diretamente nessa categoria para escolha de instituição; faltam oportunidades para que os estudantes realizem intercâmbios ou estágios fora do país, sendo este um fator que agregaria experiências acadêmicas muito positivas ao processo de formação do estudante.

Em relação ao bom desempenho, as regras demonstram que as instituições onde estes alunos estudam, oferecem um maior apoio no decorrer da graduação, como o fato do curso disponibilizar monitores ou tutores para auxílio dos estudantes, de supervisionar os alunos no estágio, proporcionando experiências diversificadas com oportunidades de aprender e trabalhar em equipe, agregando a experiência social, com a coordenação sempre disponível para a orientação acadêmica. Os fatos citados demonstram que uma instituição com uma boa estruturação e boas políticas de acompanhamento do discente que vão além da aula convencional, proporcionam aos estudantes um melhor desempenho no Enade.

Já entre os participantes que apresentaram mau desempenho, percebemos a vinculação de fatores sócio-culturais e econômicos como: a falta de incentivo, seja ele familiar ou governamental, e a escolha de instituições gratuitas, em vez de se ponderar, como principal fator de escolha, a qualidade dessas instituições.

Os fatores que podem influenciar no desempenho de um aluno são bem mais complexos do que as regras encontradas nessa pesquisa, visto que, o desempenho depende não só do ambiente em que o aluno realizou sua graduação, como também fatores socioeconômicos, pessoais entre outros tipos que requerem estudos mais aprofundados. No entanto, analisando as regras exploradas, é possível perceber que um dos principais fatores, remete a problemas institucionais que podem ser melhorados e tratados com melhor atenção por parte dos dirigentes educacionais. É necessário buscar estratégias, sejam elas governamentais ou vindas de dentro da própria instituição de ensino, que consigam melhorar o ambiente universitário para os estudantes, propiciando a formação de profissionais mais qualificados, inclusive para atuar no magistério. Espera-se que esse trabalho possa servir como subsídio para pesquisas mais aprofundadas nessa área e que possa contribuir com a comunidade acadêmica no sentido de mitigar os problemas existentes na educação superior brasileira.

AGRADECIMENTO

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais (IFNMG) – Campus Januária pelo apoio concedido por meio da disponibilização de infraestrutura (laboratório e computadores) para realização dessa pesquisa, tal como a concessão de bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- Andrino Nogueira, E. D.; Tsunoda, D. F., 2015. Mineração de dados para análise da relação entre as características socioeconômicas de concluintes do ensino superior e o desempenho desses estudantes no enade 2012. *Revista Percurso*, Vol. 15, No. 1, pp 23.
- Andriola, W. B., 2009. Fatores institucionais associados aos Resultados do Exame Nacional de Desempenho Estudantil (Enade): estudo dos cursos de graduação da Universidade Federal do Ceará (UFC). *Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación (REICE)*. Madrid, Espanha.

- Brito, T. F., 2015. Corpo docente: fatores determinantes do desempenho discente no ENADE. Catálogo da *Universidade de São Paulo (USP)*. São Paulo, Brasil.
- Caetano, C. C. R.; Cardoso, T. A. O.; Miranda, G. J.; De Freitas, S.C., 2015. Desempenho no Enade em Ciências Contábeis: Ensino a Distância (EAD) versus presencial. *Revista Universo Contábil*. Blumenau, Santa Catarina, Brasil.
- Da Paixão Rocha, A. L.; Leles, C. R.; Queiroz, M. G., 2018. Fatores associados ao desempenho acadêmico de estudantes de Nutrição no Enade. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*. Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- De Carvalho, M. M.; Cerqueira, G. S., 2015. Análise do Desempenho Acadêmico dos Cotistas dos Cursos de Medicina e Direito no Brasil. *Grupo Estratégico de Análise da Educação Superior no Brasil (GEA)*. Rio de Janeiro, Brasil.
- De Vasconcelos, L. M. R.; De Carvalho, C. L., 2004. Aplicação de Regras de Associação para Mineração de Dados na Web. *Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás*. Goiás, Brasil.
- De Amo, S., 2004. Técnicas de Mineração de Dados. *Dissertação, Universidade Federal de Uberlândia*. Minas Gerais, Brasil.
- Ferreira, M. A., 2015. Determinantes do desempenho discente no Enade em cursos de Ciência Contábeis. *Dissertação, Universidade Federal de Uberlândia (UFU)*. Minas Gerais, Brasil.
- Figueiró, M. F.; Vista, N. P. B.; Barasuol, J. B.; Chicon, P. M. M.; Ansj, A. P., 2018. Análise de Agrupamento Hierárquico aplicada aos microdados do ENADE do curso de graduação em Ciência da Computação. *Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação*. Rio Grande do Sul, Brasil.
- Gutterres, R. S., 2015. Alunos que ingressaram no ensino superior por ações afirmativas apresentam melhor desempenho? Uma análise empregando a decomposição de Oaxaca para o ENADE 2012. *Dissertação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)*. Rio Grande do Sul, Brasil.
- Hoed, R. M., 2016. Análise da evasão em cursos superiores: o caso da evasão em cursos superiores da área de Computação. *Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília (UnB)*. Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- Landes, F. B.; Manhães, L. M. B., 2018. Análise dos exames do enade para os cursos de computação utilizando o software R. *Anais do Seminário Internacional de Estatística com R*. Rio de Janeiro, Brasil.
- Leão H. A. T.; Canedo E. D.; Ladeira M.; Fagundes F., 2018. Mining ENADE Data from the Ulbra Network Institution. *Information Technology - New Generations. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 738. Springer, Cham.
- Limana, A.; Brito, M. R. F., 2005. O Modelo de Avaliação Dinâmica e o Desenvolvimento de Competências: algumas considerações a respeito do Enade. *Rede de Avaliação Institucional da Educação Superior (RAIES), da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)*. Campinas, São Paulo, Brasil, pp. 12-14.
- Nicolini, A. M.; De Andrade, R. O. B.; Torres, A. A. G., 2013. Comparando os Resultados do Enade 2009 por número de instituições e número de estudantes: como ainda o desempenho acadêmico dos cursos de administração?. *Administração: Ensino e Pesquisa (RAEP)*. Rio de Janeiro, Brasil.
- ONU, 2004. United Nations Demographic Yearbook review. *United Nations, Department of Economic and Social Affairs Statistics Division, Demographic and Social Statistics Branch*. Estados Unidos, pp. 1-2.
- Primi, R.; De Carvalho, L. F.; Miguel, F. K.; Da Silva, M. C. R., 2006. Análise do funcionamento diferencial dos itens do Exame Nacional do Estudante (Enade) de psicologia de 2006. *Psico-UFS*. São Paulo, Brasil, pp. 380-382.
- Ribeiro, A. C., 2015. Correlação e visualização de alertas de segurança em redes de computadores. *Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista - Campus de São José do Rio Preto*. São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil.
- Romão, W.; Niederauer, C. A.; Martins, A.; Tcholakian, A.; Pacheco, R. C.; Barcia, R. M., 1999. Extração de regras de associação em C&T: O algoritmo Apriori. *XIX Encontro Nacional em Engenharia de Produção*. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, pp. 34, 37-39.
- Rothen, J. C.; Nasciutti, F., 2011. A educação superior em prova: o perfil da educação superior apresentado pelos resultados do Enade 2005 e 2006. *Revista Diálogo Educacional*. Paraná, Brasil, v. 11, n. 32, pp. 187-206.
- Soares, J. F., 2004. O efeito da escola no desempenho cognitivo de seus alunos. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación (REICE)*. Michigan, Estados Unidos, pp. 87-90.
- Vista, N. P. B.; Figueiró, M. F.; Chicon, P. M. M., 2017. Técnicas de mineração de dados aplicadas aos microdados do ENADE para avaliar o desempenho dos acadêmicos do curso de Ciência da Computação no Rio Grande do Sul utilizando o software R. *I Seminário de Pesquisa Científica e Tecnológica*. Rio Grande do Sul, Brasil.

BLENDED LEARNING E PROBLEM BASED LEARNING APLICADOS NO ENSINO DOS CONCEITOS DE SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO

Bruno Anselmo Guilhen e Sérgio Takeo Kofuji

*Laboratório de Sistemas Integráveis (PAD/LSI). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP)
Av. Prof. Luciano Gualberto, 380, Butantã – São Paulo – SP – Brasil*

RESUMO

A Segurança da Informação é uma disciplina do curso de nível médio técnico em informática e, devido à complexidade do conteúdo, este artigo propõe um método de aprendizado utilizando Blended Learning e Problem Based Learning para que os alunos tenham interesse e melhor aplicação teórico/prática do conteúdo. O método consiste na divisão do curso em duas etapas, na primeira etapa aplica-se Blended Learning propondo a criação de um jogo envolvendo todo conteúdo da disciplina, juntamente com tarefas interativas, discussões e aplicação de tecnologia no ambiente de sala de aula. Na segunda etapa ocorre apenas o uso de tecnologia com aplicação do modelo de aula tradicional expositiva.

PALAVRAS-CHAVE

Blended Learning, Problem Based Learning, Segurança da Informação, Informática na Educação

1. INTRODUÇÃO

O novo processo de ensinar aliado à imersão tecnológica vivida pela educação nos últimos anos criou a necessidade de definir parâmetros para os níveis de aprendizagem, bem como, uma mudança de conduta, de ações e pensamentos tanto do lado transmissor, quanto do lado receptor da informação. A maneira como os conteúdos são tratados em sala de aula, principalmente em disciplinas que exigem muitos outros conteúdos agregados, por exemplo, a disciplina de segurança da informação, que exige conhecimentos de redes de computadores, sistemas operacionais e programação precisa de uma reestruturação.

De acordo com Ferraz e Belhot (2010) essa reestruturação é o resultado de um processo de planejamento que está diretamente relacionado à escolha do conteúdo, de procedimentos, de atividades, de recursos disponíveis, de estratégias, de instrumentos de avaliação e da metodologia a ser adotada por um determinado período de tempo.

Parte dessa reestruturação envolve o uso das chamadas tecnologias educacionais. Segundo Herpich (2018), a aplicação de tecnologia no processo de ensino e aprendizagem é passiva de estimular as habilidades cognitivas dos estudantes, que são fatores determinantes para a construção do conhecimento.

Na rota de uso das tecnologias educacionais aplicadas em sala de aula, encontra-se o conceito de *blended learning* ou ensino híbrido e a metodologia PBL – *Problem Based Learning* também conhecida como metodologia baseada em problema que transforma o aluno de mero expectador para o agente do conhecimento. O aluno passa a ter um papel mais ativo no processo de aprendizagem, desenvolve projetos, resolve problemas e cria oportunidades para a construção do conhecimento. [Valente, 2014].

Esse artigo se propõe a avaliar o nível de aprendizagem em sala de aula, da disciplina segurança da informação presente no último semestre do curso técnico em informática, por meio de uma comparação entre a utilização de *blended learning* e PBL em uma etapa do processo (primeira metade do semestre) e comparar os resultados com o método de ensino tradicional expositivo (segunda metade do semestre).

2. BLENDED LEARNING

Blended learning ou ensino misto, segundo Bonk e Graham (2006) pode ser definido como um programa de educação formal que mescla momentos em que o aluno estuda os conteúdos e instruções usando recursos on-line, e outros em que o ensino ocorre em uma sala de aula, podendo interagir com outros alunos e com o professor.

De acordo com Valente (2014) ao utilizar *blended learning* a disciplina precisa ser estruturada para ter o conteúdo e as instruções elaborados especificamente para sua estrutura em vez de usar material avulso que pode ser acessado na internet. Além disso, a parte presencial deve necessariamente contar com a supervisão do professor, valorizar as interações interpessoais e ser complementar às atividades on-line, proporcionando um processo de ensino e de aprendizagem mais eficiente, interessante e personalizado.

Porém, Bloom e sua equipe descobriram que os principais fatores para estimular e desenvolver o processo cognitivo de aprendizagem estão pautados na estratégia utilizada, no estilo do ensino e na organização dos processos de aprendizagem, esses seriam os principais fatores que estimulariam o desenvolvimento cognitivo, mantendo as mesmas condições de ensino e ignorando fatores externos, Bloom cria a Taxonomia de Bloom e nela os alunos seriam muito mais estimulados e teriam melhores rendimentos no processo de aprendizagem.

O trabalho de Ferraz e Belhot (2010) mostra toda a evolução da taxonomia de Bloom e sua grande contribuição ao processo de aprendizagem, na figura 01 é possível perceber os processos conhecidos como Taxonomia dos Objetivos Cognitivos de Bloom que lista os seis objetivos para fazer com que o aluno caminhe pelo processo de aprendizagem, e a relação que cada nível possui nesse sistema.

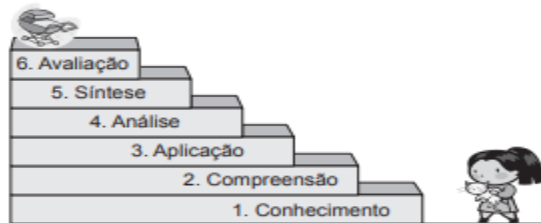


Figura 1. Categorias do domínio cognitivo proposto por Bloom

Do trabalho proposto por Bloom que surgiram as variações propostas para esse artigo, tais como o *Blended Learning* e o *Problem Based Learning* e diversas outras metodologias de ensino discutidas na literatura educacional.

2.1 *Problem Based Learning* - PBL

A construção do conhecimento, conforme proposto na Taxonomia de Bloom e mostrado na figura 01, sofreu evoluções e variações naturais com a chegada de novos métodos de processos de aprendizagem, por exemplo, o uso do computador e das tecnologias dentro do ambiente de sala de aula.

Assim, com o objetivo de ampliar o processo de aprendizagem em sala de aula surgiu na Universidade de Maastricht, processada nos cursos de medicina, o método PLB – *Problem Based Learning*, buscando estabelecer estratégia pedagógica de pesquisa e de raciocínio em que o aluno será levado a resolver problemas com o auxílio do professor. (Boud e Fletti, 1997).

Os alunos em sala serão divididos em pequenos grupos de trabalho e receberão a situação problema, em um primeiro momento eles precisarão identificar e entender o problema (fase de conhecimento), em seguida serão estimulados a debater entre os membros do grupo (fase da compreensão), depois partirão para a interpretação e busca de soluções possíveis (fase da aplicação e análise), por fim produzirão soluções possíveis e soluções alternativas (fase de síntese) até que o grupo apresente a melhor solução do problema proposto (fase de avaliação). (Barrows e Tamblyn, 1980).

Dentre as diversas vantagens apresentadas pelo método de Aprendizagem por Problemas (PBL) Barrows e Tamblyn destacam-se:

- Permite que o aluno busque o conhecimento de novos saberes.
- Estimula a criatividade e a imaginação na busca de soluções de problemas que ele ainda não tinha contato.

- Estimula a capacidade de análise e tomada de decisão.
- Permite a integração e o trabalho em grupo.

Diante do cenário de metodologias de aprendizado propostas é possível comparar a metodologia tradicional de ensino, na qual o professor é o agente ativo do processo e o aluno o agente passivo e recebe exatamente aquilo que é enviado pelo professor com a metodologia PBL, em que o professor deixa de ser o centro do processo e cede esse lugar ao aluno, que será desafiado a buscar o conteúdo a ser aprendido, que precisa do conteúdo teórico para aplicar na solução de problemas. A figura 02 mostra um diagrama comparativo dos métodos. (Guzelis, 2006).

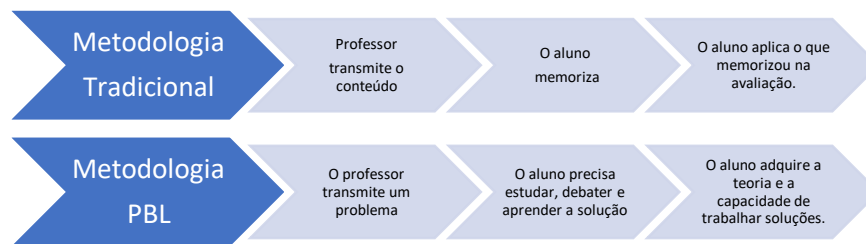


Figura 2. Comparação entre metodologia tradicional e PBL. Fonte: autor

A fusão do blended learning com PBL neste trabalho de pesquisa ocorre a partir do momento em que, na plataforma on-line do curso, todo material teórico da disciplina, os vídeos para revisão do conteúdo, as listas de exercícios e as regras para a criação de uma solução utilizando o conteúdo são disponibilizados. Assim, é proposto a cada grupo de alunos a construção de um jogo (situação problema), o jogo precisa utilizar os conceitos de segurança da informação, ele poderá ser construído utilizando cartas, tabuleiro ou mesmo digital (utilizando uma linguagem de programação qualquer). O professor oferece o suporte em sala, apresenta discussões sobre a estrutura teórica e auxilia na resposta dos questionamentos, nesse caso, segundo os preceitos de Valente (2014) configura-se o blended learning sendo utilizado por meio da resposta de uma situação problema, o PBL.

3. METODOLOGIA

A disciplina segurança da informação possui ementário complexo para alunos que estão finalizando o ensino médio técnico, além de possuir relação com os grupos mais importantes de disciplinas do curso, por exemplo, banco de dados, programação, redes, sistemas operacionais, a disciplina possui conteúdos diversos, como conceitos de criptografia, mecanismos de ataque, mecanismos de defesa, conceitos de elementos maliciosos (*malwares*), todos com um conjunto de definições que exigem do aluno dedicação e atenção.

Na busca para tornar a transmissão desses conteúdos o mais interessante possível, de forma que o aluno consiga reter o conteúdo teórico e prático, que se desenvolveu nesse trabalho de pesquisa, a disciplina conta com uma carga horária de uma hora e meia por semana, sempre no mesmo dia. As aulas sempre acontecem no laboratório de informática, os computadores são equipados com sistema operacional Windows 7 e Linux Ubuntu, acesso à Internet, diversos compiladores, softwares de desenvolvimento, plataformas de banco de dados, um *sniffer* (Wireshark) etc.

O problema da pesquisa consistia em saber se os conceitos de *blended learning* e *PBL* podem exercer alguma influência no nível de interesse e aprendizagem dos alunos na disciplina em questão. Para criar os parâmetros de pesquisa, o experimento foi realizado nos anos de 2018 e 2019 em turmas do sétimo (e último) semestre do curso técnico em informática. Em 2018 a turma escolhida estudava no turno matutino e em 2019 no turno vespertino. Participaram do experimento 25 alunos em 2018 e 26 alunos em 2019, apenas um aluno não completou o processo, ele evadiu na segunda etapa de 2018.

O método criado consistiu em dividir o semestre em duas partes, na primeira aplicar *blended learning* e *PBL*, na segunda ministrar aula no método tradicional, popularmente conhecido como “voz e giz”. O parâmetro para medição foram as notas de trabalhos, provas teóricas e empenho nas atividades práticas.

Inicialmente todo o material teórico e de revisão bibliográfica do curso foi disponibilizado no ambiente virtual do aluno (Moodle). Na primeira aula as regras foram criadas e estabelecidas com a turma e foram

formados grupos de 2 ou no máximo 3 alunos.

Para aplicação do *PBL* foi proposto que cada grupo criasse um jogo, que poderia ser digital (utilizando uma linguagem de programação qualquer) ou não digital (de tabuleiro, de cartas) desde que envolvesse a aplicação direta do conteúdo da disciplina, por exemplo, o jogo tinha que relacionar corretamente uma ação de ataque (*Flooding*) ou maliciosa (*Vírus*) com o correto mecanismo de defesa, seja ele *firewall* ou antivírus.

O professor exercia papel de mediador do conteúdo e durante os dois meses do prazo para a criação do jogo o aluno precisou responder, no *Moodle*, duas listas de exercícios que foram, posteriormente a resolução, discutidas em sala. Pouco conteúdo teórico foi ministrado, em sala de aula os alunos traziam as discussões e o professor dava as instruções fazendo com que os alunos caminhassem pelas categorias do domínio cognitivo proposto por Bloom, estudados por Ferraz e Belholt (2010) e mostrados na figura 1.

Nessa primeira etapa o aluno recebeu conteúdo teórico na plataforma virtual para estudar antecipadamente em casa, as listas de exercícios também foram inseridas na plataforma para que ele resolvesse fora do ambiente de sala de aula. Nos dois meses que compuseram a primeira etapa, a sala de aula foi utilizada para tirar dúvidas com o professor, propor discussões e realizar dinâmica de grupo sobre o conteúdo da disciplina e alinhar tudo isso ao jogo que cada grupo deveria criar, seguindo assim os conceitos de *PBL* discutidos por Boud e Feletti (1997).

Para alimentar os alunos com conteúdo dinâmico foi proposto que eles assistissem quatro vídeos sobre segurança da informação presentes em Antispam (2019), bem como, utilizassem definições de segurança da Cartilha de Segurança para Internet (2012) ambos mantidos pelo Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.BR).

A criação e apresentação do jogo era requisito obrigatório para realizar a prova escrita, neste caso, todos os grupos, de 2018 e 2019, apresentaram os projetos e foram habilitados para realizar a prova. No dia da prova, nos 45 minutos iniciais os alunos realizaram atividade avaliativa, composta por dez questões sobre o conteúdo, para compor a nota da prova. Essa atividade avaliativa era realizada no ambiente *Socrative* (2019), criava-se uma sala de aula, os grupos acessavam e realizavam as dez questões no tempo de 45 minutos. Os 45 minutos finais da aula eles realizavam a prova escrita, teórica, composta por 14 questões.

A segunda parte do curso, os dois meses e meio que restavam para terminar o semestre, a disciplina foi ministrada com o professor sendo o agente ativo do processo, método expositivo tradicional, sem nenhum conteúdo extra na plataforma, apenas aula expositiva e duas listas de exercícios. As aulas duravam uma hora e meia, o conteúdo era explicado e esquemas desenhados no quadro. O aluno precisava entregar duas listas de exercícios sobre o conteúdo antes de realizar a prova final, ou seja, ele não precisava realizar os exercícios antes da aula ou do conteúdo ministrado.

4. RESULTADOS

Na primeira etapa os alunos entregaram jogos muito criativos, o que mais ficou evidente foi o empenho dos alunos para a construção dos jogos. regras, cartilhas, manuais. Todos os jogos precisavam de um manual de instruções e um memorial dos conceitos aplicados, isso possibilitava que o aluno fizesse uma revisão teórica dos conceitos. Poucos erros grosseiros foram encontrados nas definições e os alunos realizaram muito bem a ligação das técnicas de defesa com os elementos maliciosos e de ataque.

As imagens a seguir são fotos e prints de tela retiradas no dia da apresentação dos trabalhos.

Na figura 3 o jogo foi desenvolvido em Python e relacionava conceitos e técnicas sobre confidencialidade, integridade, autenticidade, disponibilidade e não repúdio.



Figura 3. Tela do jogo sobre segurança em Python

Na figura 4 a seguir o jogo construído foi um modelo de um jogo conhecido pelo nome de “War” em que territórios (ou computadores alvo) deveriam ser conquistados utilizando conceitos de vírus, trojan, antivírus, firewall.



Figura 4. Jogo de tabuleiro, cartas e dados

Ao todo foram construídos doze jogos, de diversos padrões e modelos. Como um requisito básico era escrever um manual descritivo com as regras e definições a figura 5, a seguir, mostra as regras de um dos jogos criados.

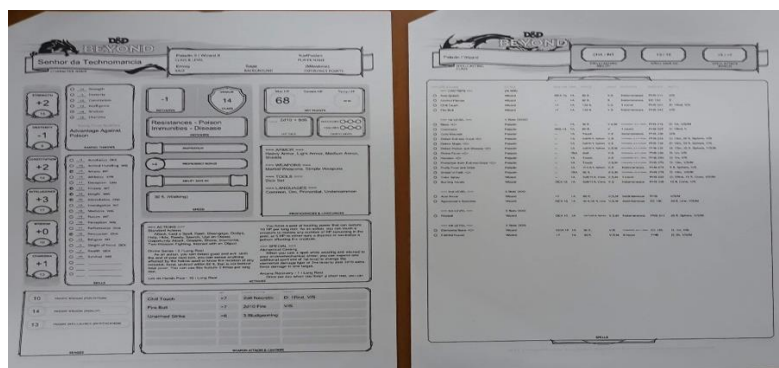


Figura 5. Manual descritivo com as regras e definições do jogo

Todo design, estrutura e regras propostas para o projeto foram pensadas pelos alunos, sem interferência do professor, nessa etapa o professor apenas solucionava dúvidas sobre os conceitos e sua aplicação.

Depois da entrega dos trabalhos, da resolução das listas os alunos estavam habilitados a realizarem a prova escrita, referente ao conteúdo que eles estudaram na construção do jogo.

No dia da prova escrita a primeira parte era realizada utilizando o Socrative (2019), os mesmos grupos que realizaram o trabalho entravam no site e na sala de aula criada para resolver de forma interativa, no computador ou celular, de dez a treze questões de múltipla escolha. A figura 6 mostra o resultado de uma etapa do *Socrative* com erros e acertos das questões.

Mostrar nomes Mostrar respostas

Nome ↑	Nota (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*****	77%	B	E	D	Falso	Verdadei	Verdadei	C	Verdadei	B	B
*****	77%	B	D	B	Falso	Verdadei	Falso	C	Falso	B	B
*****	92%	B	D	D	Falso	Verdadei	Falso	C	Falso	B	B
*****	85%	B	A	D	Falso	Verdadei	Falso	C	Falso	B	B
*****	92%	B	D	D	Falso	Verdadei	Falso	C	Falso	B	B
*****	54%	A	B	D	Falso	Verdadei	Falso	C	Verdadei	B	D
*****	54%	A	E	D	Falso	Verdadei	Falso	C	Falso	B	D
*****	85%	B	D	B	Falso	Verdadei	Falso	C	Falso	B	B
*****	100%	B	D	D	Falso	Verdadei	Falso	C	Falso	B	B
*****	85%	B	D	D	Falso	Verdadei	Falso	C	Falso	B	A
*****	0%										
*****	85%	D	D	D	Falso	Verdadei	Falso	C	Falso	B	B
Total da turma		73%	64%	82%	100%	100%	91%	100%	82%	100%	73%

Clique nos números das perguntas ou nas porcentagens totais da turma para ver detalhes.

Figura 6. Resultado do questionário no Socrative

Como já discutido anteriormente a segunda etapa do curso foi executada utilizando a metodologia tradicional, com aula expositiva, utilizando esquemas no quadro e listas de exercícios. Este cenário apresenta a metodologia tradicional na qual o professor transferia o conhecimento somente por meio de aula expositiva com listas de exercícios postadas no sistema do aluno.

No tópico a seguir os resultados do experimento são analisados.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao analisar os resultados percebe-se que a aplicação dos conceitos de blended learning e PBL fazem muita diferença no paradigma do aprendizado e dois reflexos imediatos foram constatados: o resultado das notas nas provas aplicadas e o nível de participação e interesse relacionado ao conteúdo. A primeira análise do experimento recai sobre as notas e o desempenho dos alunos na prova escrita, os gráficos ilustrados a seguir mostram a diferença de notas quando se aplicou o método e quando ele não foi aplicado.

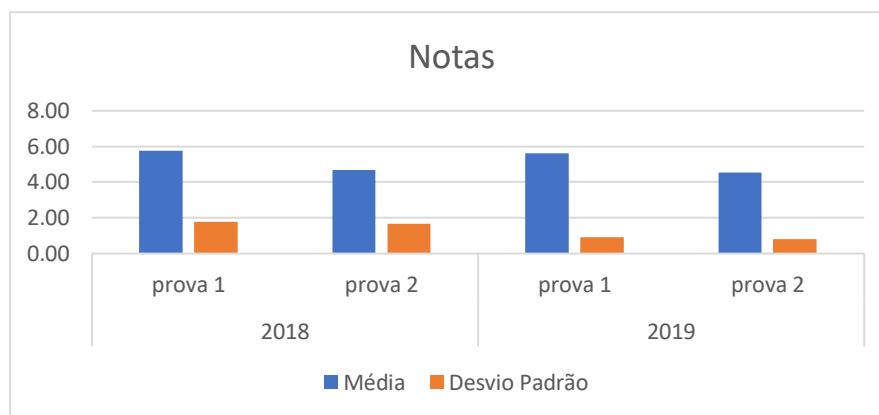


Figura 7. Notas dos alunos em 2018 e 2019

A prova tinha valor máximo de 7,0 (sete pontos). A prova 1 representa a aplicação do método e a prova 2 a aula expositiva tradicional. Neste caso, o que ficou evidente nos dois anos é que o desempenho cai sem a aplicação do método, a média da turma é menor na prova 2 e o comportamento é muito semelhante nos dois anos. O desvio padrão mostra um comportamento homogêneo nos dois anos e nas duas provas. No primeiro ano o desvio padrão foi maior devido a uma desistência que contou como nota zero. A queda do desvio padrão no ano de 2019 também pode ser associada a uma melhora na aplicação do método, aumento dos recursos de interatividade e experiência na aplicação, porém, as notas da turma tiveram comportamento muito similares mostrando homogeneidade do método.

A tabela 1 mostra os valores da média e do desvio padrão que foram utilizados para confecção do gráfico da figura 7. Com esses dados é possível comparar a proximidade da média da turma na prova 1 de 2018 com a prova 1 de 2019 e o mesmo comportamento pode ser observado com a prova 2 nos dois anos.

Tabela 1. Média e desvio padrão das notas das provas escritas

	2018		2019	
	prova 1	prova 2	prova 1	prova 2
Média	5,76	4,68	5,60	4,55
Desvio Padrão	1,78	1,65	0,91	0,79

Diante desses valores o que ficou evidente no ambiente de sala de aula foi o interesse do aluno quando submetido ao processo interativo e orbitando como elemento central, ao colocar o professor como fonte de apoio e expectador o aluno se interessou muito mais, participou e compartilhou muito mais conhecimento com os colegas.

Ao analisar os dados da distribuição quartil, o que ficou evidente na pesquisa é que de fato o método que coloca o aluno como centro, que permite a solução por projetos por meio de um processo da construção do conhecimento possui real impacto no aprendizado, a distribuição do quartil mostrou que, na primeira avaliação em que o método estava sendo utilizado, 13 alunos atingiram a nota máxima (valor 7,0) no conjunto de provas em 2018. Já na segunda prova, nenhum aluno atingiu nota máxima, baseado na distribuição do quartil, os 25% melhores posicionados tiveram um rendimento pior. O mesmo comportamento aconteceu no ano seguinte, em 2019.

O gráfico da figura 7 mostra como o desempenho geral da turma cai tanto em 2018 quanto em 2019 sem a aplicação do método. A figura 8, mostra a distribuição por ano de aplicação do método e por prova e o comportamento de um ano para outro foi similar, observando que além da média geral das notas ser mais baixa sem o método, no geral os alunos rejeitam e regridem em desempenho. Nesse caso, infere-se que os bons alunos, bem como a maioria da turma, não se sentiram estimulados na segunda etapa do processo, na aplicação pura e simples do método tradicional, fazendo com que a aplicação de métodos de ensino se torne cada vez mais necessária, tais como o proposto.

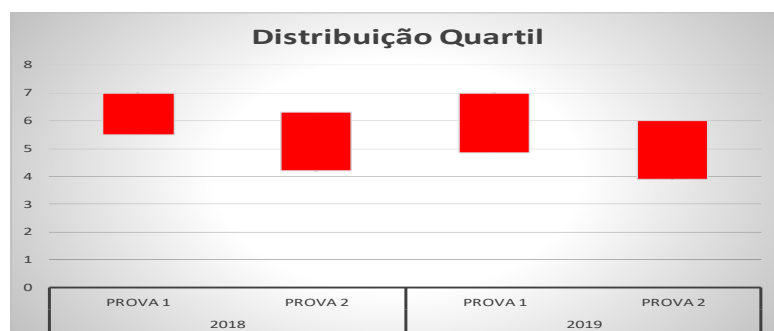


Figura 8. Gráfico da distribuição Quartil

No trabalho proposto por Bloom (1956) e Ferraz (2010) sobre as dimensões do processo cognitivo e dimensões do conhecimento, bem como, no trabalho de Staker e Horn (2019) que definem os parâmetros do *blendend learning* constatou-se que os alunos quando submetidos à tecnologia, porém sem estímulos corretos não reagiam ou demonstravam interesse, foi o que aconteceu nos resultados da prova 2. A aula expositiva acontecia no mesmo laboratório, com recursos computacionais e acesso à Internet, a diferença estava no estímulo do processo cognitivo e o resultado foi notas mais baixas e menos adesão às atividades propostas.

Outros dados foram analisados nesta pesquisa, por exemplo, a frequência em sala e evasão da disciplina, a opção por iniciar utilizando a inversão de sala de aula manteve os alunos em sala, a média da frequência ficou próxima de 94%. Porém, ao iniciar o processo de aula expositiva ficou muito evidente o desinteresse, alguns alunos começaram a passar mais tempo navegando inutilmente na Internet do que se dedicando ao tema da aula.

Uma informação interessante que agrega valor ao método aplicado são *feedbacks* dos alunos que faziam estágio obrigatório em empresas no contraturno das aulas, alguns deles nas discussões com os colegas alegavam e repetiam frases do tipo:

- “No estágio eu já consigo entender na prática uma estrutura de Firewall”
- “Eu apliquei criptografia e *hash* em arquivos para garantia de confidencialidade e integridade”.

Esse tipo de *feedback* comprova que o aluno conseguiu externar o conteúdo trabalhado em sala de aula, levando a teoria construída por ele à prática.

6. CONCLUSÕES

A pesquisa não tem como objetivo destruir o processo de aprendizado tradicional, no qual o elemento ativo é a figura do professor, porém em uma disciplina com conteúdo amplo em conhecimento, volume e profundidade como é o caso de Segurança da Informação surge a necessidade de aliar a tecnologia com as melhores práticas de ensino.

Foi possível observar que só a tecnologia não seria suficiente para gerar no aluno o interesse pelo conhecimento, para que ele simplesmente deixasse de “estudar para a prova” e passasse a um patamar de reter e aplicar o conjunto de informações tratados na disciplina.

Assim, verifica-se que o método aplicado, utilizando os conceitos de *blended learning* e sala de aula invertida, modificaram o interesse do aluno pela disciplina e conseqüentemente pelo conteúdo por ela tratado, fato que ficou evidenciado nas notas das provas e no comportamento em sala de aula.

Como proposta para trabalho futuro entende-se que esse método pode ser aplicado em disciplinas EAD, com um público heterogêneo, ou seja, qualquer estudante que queira aprender os conceitos de segurança da informação e esteja disposto a trabalhar na plataforma EAD. No ambiente EAD uma *gameificação* das atividades para prender e chamar a atenção do aluno também faz parte da proposta.

AGRADECIMENTO

Agradecimento especial ao projeto Erasmus e ao projeto EULA-GTEC.

REFERÊNCIAS

- Antispam. (2019). Núcleo de Informação e Coordenação. Disponível em: <<http://www.antispam.br/videos>>. Acesso em: junho de 2019.
- Barrows, H. S., Tamblyn, R. M. Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education. Springer Publishing Company. New York. 1980 - 224 p.
- Bergmann, J.; Sams, A. (2012). Flip Your Classroom: reach every student in every class every day. Eugene, Oregon: ISTE, 2012.
- Bloom, B. S. et al. (1956). Taxonomy of educational objectives. New York: David McKay, 1956. 262 p. (v. 1).
- Bloom, B. S.; Hastings, J. T.; Madaus, G. F. Handbook on formative and summative evaluation of student learning. New York: McGrawHill, 1971.
- Bonk, C. J., Graham, C. R. (2006). The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs. Ed. Pfeiffer. San Francisco, CA.
- Boud D., Feletti G. The Challenge of Problem-based Learning. London. Kogan Page. 2 ed. 1997.
- Cartilha de Segurança para Internet. (2012). Página do Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.BR). Disponível em: <<http://cartilha.cert.br/livro>>. Acessado em: junho de 2019.
- Ferraz, A. P. C. M., Belhot, R. V. (2010). “Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais”. In Gest. Prod., São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431.
- Guzelis, Cüneyt. (2006). An experience on problem based learning in an Engineering Faculty. Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences. 14. 67-76.
- Herpich, F., Bos, A. S., Kuhn, I., Guarese, R. L. M., Tarouco, L. M. R., Wives, L. K., Zaro, M. A. (2018). “Atividade cerebral no uso de recursos educacionais em realidade aumentada: uma análise da atenção do aprendiz”. In VII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2018). Anais do XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2018). Pag 1858.
- Socrative. (2019). Página Oficial do Aplicativo. Disponível em: <<http://www.socrative.com>>. Acesso em: junho de 2019.
- Staker, H.; Horn, M. B. (2019). Classifying K–12 blended learning. Mountain View, CA: Innosight Institute. Disponível em: <https://www.christenseninstitute.org/blog/5-blended-learning-myths-to-bust-in-2019/?_ft_topics=personalized-blended-learning>. Acesso em: junho de 2019.
- Valente, J. A. (2014). Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. Educar em Revista, Curitiba, Brasil, Edição Especial n. 4/2014, p. 79-97. Editora UFPR.

NUEVO OPERADOR DE AGREGACIÓN PARA GRUPOS DE PROCESOS

Federico Agostini¹, David Luis La Red Martínez¹ y Jorge Tomás Fornerón Martínez²
¹*Facultad de Cs. Ex. y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina*
²*Facultad de Ciencias Aplicadas. Universidad Nacional de Pilar. Pilar, Paraguay*

RESUMEN

Este documento describe cómo se pueden utilizar nuevos modelos de toma de decisiones en grupos de procesos distribuidos que requieren acceso a recursos compartidos en la modalidad de exclusión mutua. Los modelos de decisión actualmente disponibles y de aplicación general en los sistemas distribuidos se basan en algoritmos de intercambio de permisos que intentan alcanzar un acuerdo de todos los procesos que intervienen para realizar determinadas acciones. Una propuesta interesante es la creación de un operador de agregación que controle la asignación de recursos a grupos de procesos y un modelo de decisión que permita adaptarse a diferentes requerimientos, que los procesos accedan a recursos compartidos en la modalidad de exclusión mutua, que requiera o no sincronización, y que cumpla con ciertos requisitos para lograr el acceso a los recursos, y en base a esa información el modelo pueda elegir el operador de agregación correspondiente a cada caso. En cada nodo se define una interfaz entre las aplicaciones y el sistema operativo, que a través de un Runtime (software en tiempo de ejecución complementario al sistema operativo) incluido en dicha interfaz, gestiona los procesos y recursos compartidos y define el escenario correspondiente. Además, el Runtime interactúa entre sí para intercambiar información y hay un coordinador global de Runtime en uno de los nodos que evalúa y ejecuta el modelo de decisión y el operador de agregación correspondiente. El escenario propuesto en este documento considera la gestión de los recursos y procesos de los sistemas distribuidos, aplicados al entorno de las comunicaciones de datos, pero no se limitan a un protocolo de comunicaciones específico, es un esquema genérico.

PALABRAS CLAVE

Operadores de Agregación, Comunicación entre Grupos de Procesos, Exclusión Mutua, Sistemas Operativos

1. INTRODUCCION

La proliferación de sistemas informáticos, muchos de ellos distribuidos en diferentes nodos con múltiples procesos que cooperan para el logro de una determinada función, requiere modelos de decisión que permitan a grupos de procesos utilizar recursos compartidos a los que sólo se puede acceder en la modalidad de exclusión mutua. Las soluciones tradicionales para este problema se encuentran en (Tanenbaum, 1996 y 2009). Ambos documentos describen los principales algoritmos de sincronización en sistemas distribuidos. Los autores de (Ricart y Agrawala, 1981), (Cao y Singhal, 2001) y (Lodha y Kshemkalyani, 2000) presentan algoritmos para gestionar la exclusión mutua en redes informáticas. En (Stallings, 2005) se detallan los principales algoritmos para la gestión de procesos distribuidos, estados globales distribuidos y exclusión mutua distribuida. Asimismo, se han propuesto soluciones (que pueden considerarse tradicionales) para diferentes tipos de sistemas distribuidos en (Andrews, 2000), (Guerraoui y Rodrigues, 2006), (Lynch, 1996), (Tel, 2000) y (Attiya y Welch, 2004). En (Saxena y Rai, 2003) y (Velazquez, 1993) se han presentado otros trabajos centrados en garantizar la exclusión mutua. En este trabajo, se presentará un nuevo operador de agregación específicamente para resolver el problema mencionado anteriormente. Esto cae dentro de la categoría de operadores de OWA (Promedio Ponderado Ordenado). El uso de operadores de agregación en modelos de decisión ha sido ampliamente estudiado. Por ejemplo, (Greco et al, 2002), desarrolla metodologías que resuelven problemas en presencia de múltiples atributos y criterios y en (Chao et al, 2016) se estudia colectivamente la forma de obtener un vector prioritario, que se crea a partir de diferentes formatos de expresión de las preferencias de los tomadores de decisiones. Además, en (La Red Martínez y Acosta, 2015) se presenta las principales propiedades matemáticas y medidas de comportamiento relacionadas con los operadores de agregación. En (La Red Martínez y Pinto, 2015), (Yager, 1988 y 1993) se presenta una revisión de los

operadores de agregación, especialmente los de la familia OWA. Los operadores OWA aplicados a la toma de decisiones multicriterio se presentan y analizan en (Yager y Kacprzyk, 1997), y (Yager y Pasi, 2002) analiza los operadores OWA y sus aplicaciones en el proceso de toma de decisiones.

Se presenta una variante de un método innovador para la gestión de recursos compartidos en sistemas distribuidos, basado en (La Red Martínez, 2017) y (La Red Martínez et al, 2018a y 2018b), donde se desarrollan operadores de agregación para asignar recursos en sistemas distribuidos, y en (Agostini et al, 2018 y 2019) donde se establecen modelos de consenso y se desarrollan operadores de agregación para favorecer el acceso secuencial de procesos o grupo de procesos a todos los recursos solicitados en las diferentes etapas de asignación de recursos a procesos. En este caso, se agrega un nuevo modelo, sin requerimientos de consenso (no se requiere consenso para asignar consecutivamente los recursos solicitados por un proceso, es decir, una vez que la secuencia de asignación de recursos al grupo ha comenzado, puede ser interrumpida para asignar recursos a otro proceso), con el objetivo de favorecer el acceso secuencial de los grupos de procesos a todos los recursos solicitados. Las premisas, estructuras de datos y operadores mencionados en (La Red Martínez, 2017), (La Red Martínez et al, 2018a y 2018b), (Agostini et al, 2018 y 2019), y (Agostini y La Red Martínez, 2019) se utilizan como punto de partida para crear un nuevo operador y establecer el modelo de decisión para el escenario mencionado.

2. ESTRUCTURA DE DATOS

2.1 Escenario Propuesto

Este escenario se basa en las publicaciones de los escenarios mencionados anteriormente y es también un caso particular de (Agostini y La Red Martínez, 2019), pero en ausencia de consenso, las asignaciones se hacen en rondas, en lugar de tomar las prioridades globales de todas las rondas como en los escenarios mencionados, ver Figura 1.



Figura 1. Pasos para calcular la Función de Asignación para Sistemas Distribuidos (*FASD*)

Los procesos no requieren sincronización (estar activos en sus respectivos procesadores en el mismo lapso de tiempo) ni estrictos requisitos de consenso para lograr el acceso.

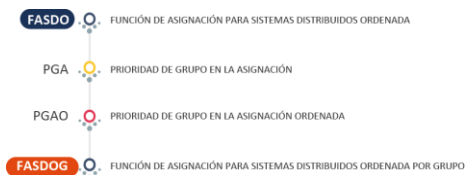


Figura 2. Pasos para obtener desde la *FASDO* a la *FASDOG*

En la Figura 2 se muestra una lista de los pasos necesarios para obtener las prioridades globales definitivas para asignar los recursos (Función de Asignación para Sistemas Distribuidos Ordenada- *FASDO*) hasta obtener el orden o prioridad de asignación de los recursos y el proceso al que se asigna cada recurso ordenada por grupo (Función de Asignación para Sistemas Distribuidos Ordenada por Grupo - *FASDOG*).

Una vez calculada la *FASDO*, se establecerá la prioridad grupal y el orden en el que se asignarán los recursos a procesos en los grupos. Para ello se tendrá en cuenta todos los procesos y recursos vinculados en cada instancia. La cardinalidad de grupo se medirá por la cantidad de procesos que hay en cada grupo, en cada instancia.

2.2 Prioridad del Grupo en la Asignación

La sumatoria de todas las prioridades finales (*FASDO*) de cada relación proceso y recurso por grupo, dividido por la cardinalidad (números de asignaciones de cada grupo, en cada instancia) del grupo, indicará la prioridad que tendrá dicho grupo para ser asignado, en relación a los demás grupos que también tendrán que ser asignados. Los procesos independientes, es decir, que no formen grupos, serán agrupados y considerados como el último grupo, su cardinalidad será el número de asignaciones que lo conformen y su prioridad cero.

Esto constituye lo que se denominará Prioridad de Grupo en la Asignación (*PGA*):
 PGA_i con $i = 1, \dots, g = (\sum FASDO_j) /$ (cardinalidad del grupo i en la asignación)
 $g =$ total de grupos en la asignación; $j = n^\circ$ de asignaciones del grupo i en la ronda (se tiene en cuenta una asignación para cada uno de los recursos disponibles).

Del vector *PGA* se debe ordenar sus elementos de mayor a menor para obtener el orden prioritario del grupo en la ronda de asignación.

$PGA_{O_i} =$ Prioridad del Grupo en la Asignación Ordenada
 $g =$ cardinalidad de *PGA* (total de grupos en la asignación)
 $PGA_{O_i} = \text{Max}(PGA_i \text{ no ordenado}) \quad i = 1, \dots, g$

No ordenado = $PGA_i \notin PGA_{O_i}$

Orden de prioridad global de los grupos en la asignación, ver Figura 3:



Figura 3. Ejemplo para calcular la *PGA_O* de cada grupo de procesos

2.3 Función de Asignación para Sistemas Distribuidos Ordenada por Grupo (*FASDOG*)

La *FASDOG* establecerá el orden de asignación por prioridades de grupo de los procesos para acceder a sus recursos y se establecerá el orden en el que se asignará cada uno, ver Figura 4.

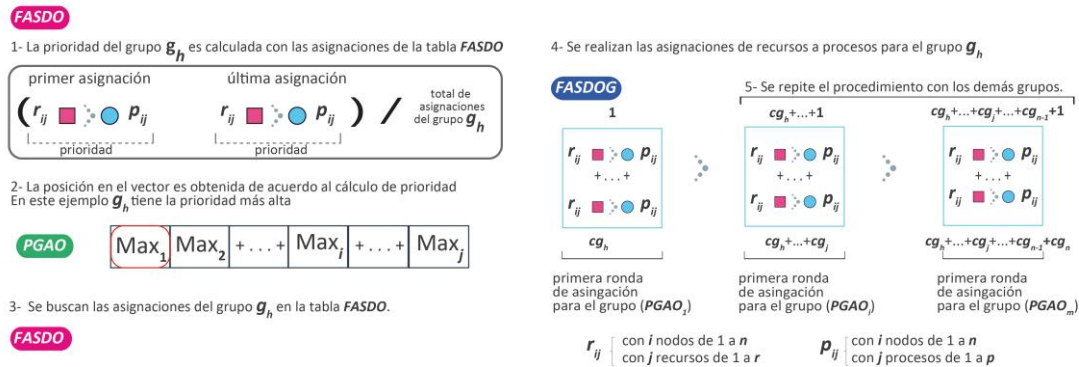


Figura 4. Función de asignación de recursos por grupo

Para ello, se tendrá en cuenta la tabla *FASDO* y la *PGA_O*.
 Se calcularán las cardinalidades (número de asignaciones de recursos a procesos) obtenidas de cada uno de los grupos del vector *PGA_O* en la tabla *FASDO*, en la ronda.
 $cg_i =$ cardinalidad grupo(PGA_{O_i}) en *FASDO*
 Luego habrá que obtener cada una de las asignaciones de recursos a procesos en la tabla *FASDO* de cada

uno de los grupos del vector *PGA*₀. El total de elementos por cada grupo, estará determinado por la cardinalidad calculada en el paso anterior.

El siguiente paso es repetir el procedimiento, pero eliminando las solicitudes de asignaciones ya realizadas en la primera ronda; debe tenerse en cuenta que los recursos asignados estarán disponibles una vez liberados por los procesos y, por lo tanto, pueden asignarse a otros grupos de procesos en la siguiente ronda.

2.4 Ejemplo

El escenario que se presenta a continuación, parte de la asignación ordenada de la primera iteración correspondiente a la tabla *FASDO* obtenida en (Agostini et al, 2018), al cual se le han agregado dos procesos independientes.

La Tabla 1 muestra el orden de las asignaciones de recursos para cada proceso, ordenado por proceso con mayor prioridad en la asignación.

Tabla 1. Orden de asignación en la *FASDO*

Prioridad	Recursos	Procesos	Rondas	Grupo
0.4730645	<i>r</i> ₁₂	<i>p</i> ₃₇	1	<i>g</i> ₄
0.4679839	<i>r</i> ₃₃	<i>p</i> ₂₃	1	<i>g</i> ₁
0.3704839	<i>r</i> ₃₁	<i>p</i> ₃₄	1	<i>g</i> ₁
0.3642230	<i>r</i> ₁₄	<i>p</i> ₁₂	1	
0.3512097	<i>r</i> ₁₁	<i>p</i> ₃₇	1	<i>g</i> ₄
0.3440323	<i>r</i> ₂₂	<i>p</i> ₃₄	1	<i>g</i> ₁
0.3300000	<i>r</i> ₂₁	<i>p</i> ₃₇	1	<i>g</i> ₄
0.3291231	<i>r</i> ₃₄	<i>p</i> ₃₈	1	
0.3286290	<i>r</i> ₁₃	<i>p</i> ₁₃	1	<i>g</i> ₁
0.3032258	<i>r</i> ₃₂	<i>p</i> ₃₄	1	<i>g</i> ₁
0.2491936	<i>r</i> ₂₃	<i>p</i> ₁₁	1	<i>g</i> ₄
0.1895161	<i>r</i> ₂₄	<i>p</i> ₃₄	1	<i>g</i> ₁

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se haya completado la tabla de la *FASDO*, con la información de grupo de cada proceso, se calcularán las Prioridad del Grupo en la Asignación (*PGA*):

$$PGA_1 \Rightarrow (0.4679839 + 0.3704839 + 0.3440323 + 0.3286290 + 0.3032258 + 0.1895161) / 6 = 0.33397850$$

$$PGA_2 \Rightarrow (0.4730645 + 0.3512097 + 0.3300000 + 0.2491936) / 4 = 0.35086695$$

$$PGA_3 \Rightarrow 0$$

En este ejemplo, se pueden observar procesos que pertenecen a dos grupos *g*₁ y *g*₄, y dos procesos independientes que no pertenecen a grupos. Estos últimos son agrupados (*g*₀), su cardinalidad es dos y su prioridad es 0.

Al calcular el *PGA* para todos los grupos, se obtendrá un vector como se muestra en la Tabla 2. Del vector *PGA* se debe ordenar sus elementos de mayor a menor para obtener el orden prioritario de asignación a grupos, como se puede observar en la

Tabla 3.

La *FASDOG* establecerá el orden de asignación por prioridades de grupo de los procesos para acceder a sus recursos y se establecerá el orden en el que se asignará cada uno. Para ello, se tendrá en cuenta la tabla *FASDO* y la *PGA*.

Tabla 2. *PGA* (prioridad de grupo en la asignación)

Prioridad Global Final	Grupo
0.33397850	<i>g</i> ₁
0.35086695	<i>g</i> ₄
0	<i>g</i> ₀

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. *PGA* (prioridad de grupo en la asignación)

Prioridad Global Final Ordenada	Grupo
0.35086695	<i>g</i> ₄
0.33397850	<i>g</i> ₁
0	<i>g</i> ₀

Fuente: Elaboración propia.

Se calcularán las cardinalidades (número de asignaciones de recursos a procesos) obtenidas de cada uno de los grupos del vector $PGAO$ en la tabla $FASDO$, de la primera asignación.

Luego habrá que obtener cada una de las asignaciones de recursos a procesos en la tabla $FASDO$ de cada uno de los grupos del vector $PGAO$. El total de elementos por cada grupo, estará determinado por la cardinalidad calculada en el paso anterior.

Cálculo de las $FASDOG$ para el primer grupo:

$FASDOG_1$ = primer elemento de la $FASDO$ para el grupo ($PGAO_1$)

...

$FASDOG_4$ = último elemento de la $FASDCO$ para el grupo ($PGAO_1$)

Cálculo de las $FASDOG$ para el segundo grupo

$FASDOG_{4+1}$ = primer elemento de la $FASDO$ para el grupo ($PGAO_2$)

...

$FASDOG_{4+6}$ = último elemento de la $FASDCO$ para el grupo ($PGAO_2$)

Cálculo de las $FASDOG$ para el tercer grupo

$FASDOG_{4+6+1}$ = primer elemento de la $FASDO$ para el grupo ($PGAO_3$)

...

$FASDOG_{4+6+2}$ = último elemento de la $FASDCO$ para el grupo ($PGAO_3$)

La Tabla 4 muestra el orden final de asignación para la primera iteración de la $FASDOG$.

Tabla 4. Orden de asignación de grupo en la $FASDOG$ (primera iteración)

Prioridad	Recursos	Procesos	Rondas	Grupo
0.4730645	r_{12}	p_{37}	1	g_4
0.3512097	r_{11}	p_{37}	1	g_4
0.3300000	r_{21}	p_{37}	1	g_4
0.2491936	r_{23}	p_{11}	1	g_4
0.4679839	r_{33}	p_{23}	1	g_1
0.3704839	r_{31}	p_{34}	1	g_1
0.3440323	r_{22}	p_{34}	1	g_1
0.3286290	r_{13}	p_{13}	1	g_1
0.3032258	r_{32}	p_{34}	1	g_1
0.1895161	r_{24}	p_{34}	1	g_1
0.3642230	r_{14}	p_{12}	1	
0.3291231	r_{34}	p_{38}	1	

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso es repetir el procedimiento, pero eliminando las solicitudes de asignaciones ya realizadas en la primera ronda; debe tenerse en cuenta que los recursos asignados estarán disponibles una vez liberados por los procesos y, por lo tanto, pueden asignarse a otros grupos de procesos en la siguiente ronda.

3. DESCRIPCIÓN DEL OPERADOR DE AGREGACIÓN

En (La Red Martínez, 2017), (La Red Martínez et al, 2018a y 2018b), (Agostini et al, 2018 y 2019), y (Agostini y La Red Martínez, 2019), las características de los operadores de agregación descritos permiten considerar que el método propuesto pertenece a la familia de operadores de agregación Neat-OWA. La propuesta desarrollada en este trabajo consiste en generar un modelo de decisión y su correspondiente operador de agregación para la gestión de grupos de procesos que comparten recursos, realizando modificaciones de los operadores de la familia OWA mencionados.

4. MODELO DE DECISIÓN

El objetivo principal del modelo propuesto es considerar el entorno de ejecución distribuida de procesos, que podrán estar agrupados, con distintas exigencias de consenso respecto del acceso a recursos compartidos, para seleccionar el método de agregación más adecuado a cada escenario posible, para generar la secuencia de

asignación de los recursos a los procesos que los solicitan, respetando la exclusión mutua en el acceso a dichos recursos.

En la Figura 5 se puede observar que el modelo propuesto comienza con el cálculo de la FASD (La Red Martínez, 2017) y (La Red Martínez et al, 2018a y 2018b), luego puede aplicarse según el escenario, el operador propuesto en (Agostini et al, 2018 y 2019), sin formar grupos pero con consenso para lograr el acceso a los recursos, el operador presentado en (Agostini y La Red Martínez, 2019) que considera grupos de procesos con requerimientos de consenso, y por último lo que se muestra como escenario 4, el método propuesto en este trabajo, grupos de procesos pero sin consenso para lograr el acceso a los recursos.

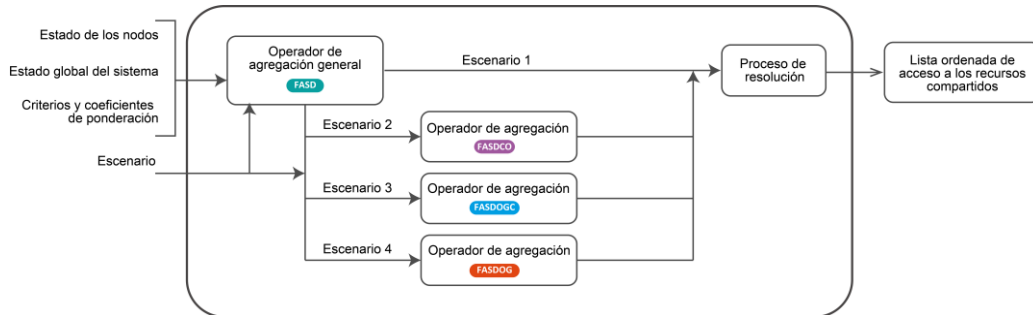


Figura 5. Modelo de decisión propuesto

En el modelo propuesto, en cada nodo se define una interfaz entre las aplicaciones y el sistema operativo, que a través de un Runtime (software en tiempo de ejecución complementario del sistema operativo) incluido en esa interfaz, gestiona los procesos y recursos compartidos y define el escenario correspondiente. Además los Runtime interactúan entre sí para intercambiar información y existe un Runtime coordinador global en uno de los nodos que evalúa y ejecuta el modelo de decisión y el operador de agregación correspondiente, ver Figura 6.

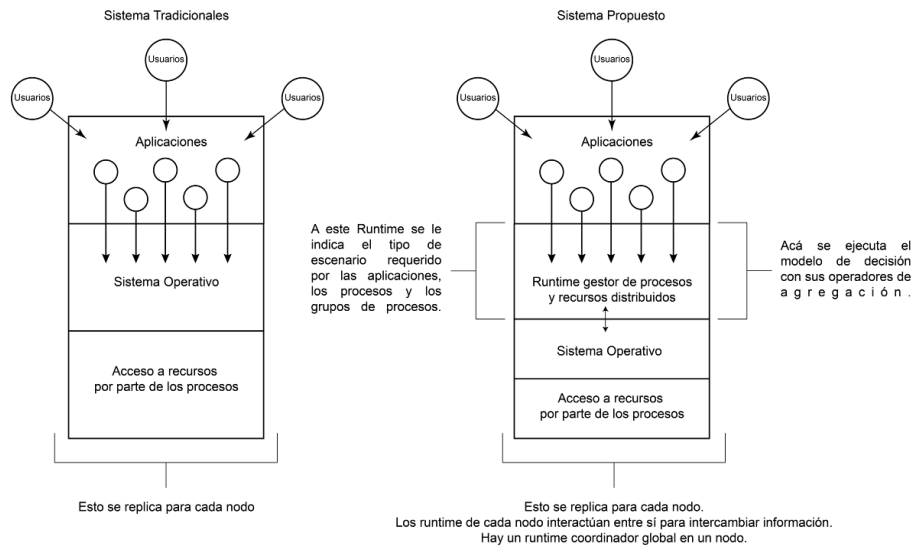


Figura 6. Comparación del Modelo propuesto y los modelos tradicionales

Comparación de las diferencias más significativas del método propuesto con respecto a los métodos tradicionales, se considera el algoritmo centralizado, el Algoritmo Distribuido de Lamport, Ricart y Agrawala y el Algoritmo de Token Ring (Colouris et al, 1988) y (Tanenbaum y Van Steen, 2001). El algoritmo propuesto establece el orden inicial de asignación por prioridades, mientras que los demás lo hacen teniendo en cuenta la *timestamp*. Los requisitos de acceso a recursos en el algoritmo propuesto se establecen calculando prioridades, mientras que en el algoritmo centralizado es por mensajes al coordinador, el Algoritmo Distribuido de Lamport, Ricart y Agrawala a través de mensajes a procesos $n-1$ y el Algoritmo Token Ring a través de mensajes a sus vecinos. El método de asignación en el algoritmo propuesto contempla la mayor prioridad, mientras que en los

demás se tiene en cuenta la *timestamp* más antiguo. Sólo el método propuesto tiene en cuenta los grupos de procesos, mientras que los demás sólo tienen en cuenta procesos independientes. La predisposición (prioridad nodal), carga de nodos, estado nodal (nodos, procesos, grupos, recursos) y estado global del sistema, sólo se tiene en cuenta en el algoritmo propuesto.

5. CONCLUSION

5.1 Evaluación

El modelo propuesto logra establecer un orden que permite a los grupos de procesos acceder a todos sus recursos de manera secuencial y que éstos no pueden ser removidos hasta que el grupo de procesos que los mantiene los libere. El orden de asignación será determinado por la prioridad promedio general de cada grupo en cada asignación. El sistema distribuido regula y actualiza constantemente el estado local de cada nodo, las decisiones de acceso a los recursos modifican estos estados por lo que debe ser reajustado repetidamente, garantizando la exclusión mutua y reordenando nuevas prioridades. El método debe repetirse siempre que haya grupos de procesos que requieran recursos compartidos.

Este trabajo considera que el grupo de procesos al cual se le otorgan los recursos, se determina con el promedio global de prioridades en todas las asignaciones en la ronda *PGA*O, pero el orden en el que se deben realizar esas asignaciones, respeta el de la tabla *FAS*DO, para cada grupo de procesos. El modelo propuesto incluye, como caso particular, un método que consiste en considerar la prioridad de los grupos de procesos en cada ronda de asignación, en lugar de procesos independientes.

La estructura de datos mencionada anteriormente y el método de agregación utilizado no están totalmente cubiertos por los métodos tradicionales, por ejemplo, no contemplan la predisposición (prioridad nodal), carga de nodos, estado nodal (nodos, procesos, grupos, recursos...) ni el estado global del sistema, para el cálculo de prioridades en la asignación de recursos a los procesos.

5.2 Futuras Líneas de Investigación

Como trabajo futuro, se prevé desarrollar variantes del método propuesto considerando otros operadores de agregación (especialmente la familia OWA), utilizando etiquetas lingüísticas para establecer los criterios de evaluación de los estados nodales, la consideración de la migración controlada de procesos, con el objetivo de disminuir el tráfico de la red en sistemas distribuidos y la clasificación de grupos de procesadores para la agrupación de nodos según rangos que cumplan ciertas características (velocidad, tiempo de cálculo, procesamiento, etc.).

Se considera desarrollar modelos de decisión desde la óptica cognitiva para la toma de decisiones en grupos de procesos, contemplando los principios de la cibernética de segundo orden, en el contexto de sistemas complejos de auto-regulación, que trasciendan el enfoque tradicional de las ciencias de la computación considerando la posibilidad de imputación de datos faltantes. Se desarrollará un simulador en el que se considerarán los diferentes escenarios mencionados para estudiar el comportamiento de los métodos propuestos y de los clásicos para las mismas cargas de trabajo.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo ha sido apoyado por el Proyecto: "Modelos de decisión y operadores de agregación para la gestión de procesos en sistemas distribuidos", código 16F001 de la Universidad Nacional del Nordeste (Argentina).

REFERENCIAS

- Agostini F. et al, 2018. Modeling of the Consensus in the Allocation of Resources in Distributed Systems. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*. Vol. 9, No. 12.
- Agostini F. et al, 2019. Assignment of Resources in Distributed Systems with Strict Consensus Requirements, *10th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics (IMCIC)*. Orlando, USA. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2018.091204>.
- Agostini F., La Red Martínez D. L., 2019. Allocation of shared resources strict consensus model for process groups. *Asociación Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*. Coimbra, Portugal.
- Andrews G., 2000. *Foundation of Multithreaded, Parallel, and Distributed Programming*. Reading, MA: Addison-Wesley, USA.
- Attiya H., Welch J., 2004. *Distributed Computing Fundamentals, Simulations, and Advanced Topics*, John Wiley, 2nd ed.. New York, USA.
- Cao G., Singhal M., 2001. A Delay-Optimal Quorum-Based Mutual Exclusion Algorithm for Distributed Systems. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*. USA .Vol. 12, No. 12, pp 1256-1268.
- Chao X. et al, 2016. An optimization model integrating different preference formats. *6th International Conference on Computers Communications and Control (ICCCC)*. pp 228 – 231.
- Colouris G. et al, 1988. *Distributed Systems*. Concepts and Design. Pearson.
- Greco S. et al, 2002. Rough sets methodology for sorting problems in presence of multiple attributes and criteria. *European Journal of Operational Research*. Vol. 138, pp 247-259.
- Guerraoui R., Rodrigues L., 2006. *Introduction to Reliable Distributed Programming*, Berlin, Springer-Verlag.
- La Red Martínez D. L. et al, 2018a. Assignment of Resources in Distributed Systems. *9th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics (IMCIC 2018)*. Orlando, USA.
- La Red Martínez D. L. et al, 2018b. Assignment of Resources in Distributed Systems. *Journal on Systemics, Cybernetics and Informatics: JSICI*. Vol. 16, No. 5, pp 81-87.
- La Red Martínez D. L., 2017. Aggregation Operator for Assignment of Resources in Distributed Systems. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*. The Science and Information (SAI) Organization, England. U.K. Vol. 8, No. 10, pp 406-419, ISSN N° 2156-5570.
- La Red Martínez D. L., Acosta J. C., 2015. Aggregation Operators Review - Mathematical Properties and Behavioral Measures. *International Journal of Intelligent Systems and Applications (IJISA)*. Hong Kong, Vol. 7, No. 10, pp 63-76.
- La Red Martínez D. L., Pinto N., 2015. Brief Review of Aggregation Operators. *Wulfenia Journal*. Austria, Vol. 22, No. 4, pp 114-137.
- Lodha S., Kshemkalyani A., 2000. A Fair Distributed Mutual Exclusion Algorithm. *IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems*. USA. Vol. 11, No. 6, pp 537-549.
- Lynch N., 1996. *Distributed Algorithms*. Morgan Kauffman, San Mateo, CA, USA.
- Ricart G., Agrawala A. K., 1981. An Optimal Algorithm for Mutual Exclusion in Computer Networks. *Commun. of the ACM*, Vol. 24, pp 9-17.
- Saxena P., Rai J., 2003. A Survey of Permission-based Distributed Mutual Exclusion Algorithms. *Computer Standards and Interfaces*. Vol. 25, No. 2, pp 159-181.
- Stallings W., 2005. *Sistemas Operativos*, 5ta. Edición, Pearson Educación S.A.. España.
- Tanenbaum A. S., 1996. *Sistemas Operativos Distribuidos*. Prentice - Hall Hispanoamericana S.A., México.
- Tanenbaum A. S., 2009. *Sistemas Operativos Modernos*. 3ra. Edición. Pearson Educación S. A., México.
- Tanenbaum A. S., Van Steen M., 2001. *Distributed Systems: Principles and Paradigms*. Pearson.
- Tel G., 2000. *Introduction to Distributed Algorithms*, Cambridge University Press, 2nd ed. Cambridge, UK.
- Velazquez M., 1993. A Survey of Distributed Mutual Exclusion Algorithms. *Technical Report CS-93-116*, University of Colorado at Boulder.
- Yager R., 1988. On Ordered Weighted Averaging Aggregation Operators in Multi-Criteria Decision Making. *IEEE Trans. On Systems, Man and Cybernetics*. Vol. 18, No. 1, pp 183-190.
- Yager R., 1993. Families of OWA Operators. *Fuzzy Sets and Systems*. Vol. 59, No. 2, pp 125-148.
- Yager R., Kacprzyk J., 1997. *The Ordered Weighted Averaging Operators*. Theory and Applications, Kluwer Academic Publishers. USA.
- Yager R., Pasi G., 2002. Modelling Majority Opinion in Multi-Agent Decision Making. *International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems*.

Artigos Curtos

PRESERVAÇÃO DE DOCUMENTOS ARQUIVÍSTICOS DIGITAIS: UM ESTUDO INICIAL DE SEGURANÇA E VULNERABILIDADES EM *DOCKER CONTAINER* PARA CRIAÇÃO DE SERVIÇOS DE RDC-ARQS

Nilton Freitas Barbosa, Guilherme Fay Vergara, Daniel Alves da Silva,
Fábio G. Ferreira Tabosa, Flávio Garcia Praciano e Georges Daniel Amvame-Nze
Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília - DF, Brasil - Zipcode 70910-900

RESUMO

A preservação de documentos arquivísticos digitais é fundamental para garantir acesso às informações em longo prazo. Para o propósito da preservação digital, existem os Repositórios Digitais Confiáveis (RDC-Arqs) que são projetados de forma a cumprir as normas e as práticas arquivísticas. RDC-Arqs construídos com tecnologia de *software* de virtualização baseada em *Docker container* requerem o uso de mecanismos de segurança e identificação de vulnerabilidades inerentes a essa plataforma para garantir sua confiabilidade. O objetivo desta pesquisa é realizar um estudo inicial de segurança e vulnerabilidades em *Docker* para criação de serviços de RDC-Arqs.

PALAVRAS-CHAVE

Preservação Digital, Repositórios Digitais Confiáveis, RDC-Arqs, *Docker Container*

1. INTRODUÇÃO

A preservação de documentos arquivísticos digitais consiste em promover estratégias e ações que permitam o acesso e a disponibilidade da informação digital íntegra e autêntica em ambiente confiável para que suas funcionalidades possam ser reproduzidas corretamente por outra tecnologia no futuro (Conarq, 2015; Conarq, 2016; Ferreira, 2016; Wilson, 2017; Flores, 2019). Esse ambiente é parte fundamental na implementação das respectivas políticas e estratégias de preservação (Ferreira, 2016; Tripathi, 2018; Arellano e Cariniana, 2016). Porém, a ausência de procedimentos adequados de segurança e de preservação suscita dúvidas quanto à confiabilidade, autenticidade e acessos futuros (Lacombe e da Silva, 2011). A vulnerabilidade quanto à presunção de autenticidade e à manutenção da integridade em longo prazo reforça a necessidade do armazenamento de documentos digitais em um ambiente confiável denominado Repositório Digital Confiável (RDC-Arq).

Existem várias soluções tecnológicas disponíveis para a criação de serviços e aplicações de um repositório digital. A mais comum em uso atualmente é a plataforma *Docker* (Tossato, 2015).

Este estudo inicial é baseado em levantamento de bibliografia e normativo de acordo com a resolução Conarq N° 43 (Conarq, 2015), norma arquivística brasileira que estabelece diretrizes para a implementação de repositórios digitais confiáveis em conformidade com padrões internacionais como o modelo de referência *OAIS - Open Archival Information System* (ISO 14721) e a ISO 16363, principalmente, e procura demonstrar os mecanismos de segurança e vulnerabilidades da tecnologia de virtualização baseada em *Docker container* na criação de serviços e aplicações de RDC-Arqs.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A segurança é um dos principais desafios ao executar serviços em ambientes virtuais. Os problemas de segurança que podem existir em ambientes virtualizados com *containers* ainda necessitam de melhor compreensão. *Containers* compartilham recursos diretamente com o *kernel* do *host*. E essa característica pode apresentar vulnerabilidades que comprometam o nível de segurança dessa plataforma na implementação de serviços e aplicações de um RDC-Arq. Este documento procura demonstrar, inicialmente, os mecanismos de segurança da arquitetura *Docker* e o seu impacto em um RDC-Arq criado nessa plataforma.

3. ANÁLISE DE SEGURANÇA E VULNERABILIDADES

A plataforma *Docker* é uma solução de *container* popular devido à sua portabilidade, facilidade de implantação e de configuração (Tossato, 2015). Dentre suas características destaca-se o uso dos mecanismos de segurança a nível do *Linux Kernel*, como *Linux Capabilities* e *Linux Security Module (LSM)*, combinados com *Namespaces* e *Cgroups*, que protegem as configurações do *container* e o próprio *Linux Kernel* de possíveis ataques. O componente *Linux Capabilities* limita os privilégios de cada processo. O componente *Linux Security Module (LSM)* provê um *framework* para o *Linux Kernel* suportar diferentes modelos de segurança. *LSMs* como *AppArmor*, *SELinux*, *Seccomp* têm sido integrados ao *Linux Kernel* oficial (Kabbe, 2017; Kundu e Bano, 2015). O *AppArmor* é um componente que protege o sistema operacional através de perfis de segurança para cada recurso. *Linux Capabilities* são unidades distintas associadas a privilégios de usuário. Antes do *Linux Kernel*, versão 2.2, essas permissões eram divididas em duas categorias: superusuário (ID=0) e usuário (ID>0). Após a versão 2.2, esse mecanismo permite ativar ou desativar privilégios de maneira independentemente. Além dos recursos a nível do *Linux Kernel*, o processo *Docker Daemon* é o responsável pelo gerenciamento, carga e execução dos *containers*. Esse processo, essencial à plataforma, é executado com privilégios de superusuário e utiliza *sockets UNIX*.

A partir do nível de segurança do *Linux Kernel*, a arquitetura da plataforma *Docker* implementa o Isolamento de Processos (*Process Isolation*), Isolamento do Sistema de Arquivos (*Filesystem Isolation*), Isolamento de Dispositivos (*Device Isolation*), Isolamento de Comunicação Entre Processos (*IPC Isolation*), Isolamento de Rede (*Network Isolation*) e Gerenciamento de Recursos (*Manage of Resources*), que aumentam o grau de segurança dessa solução tecnológica. A Figura 1 apresenta a arquitetura de virtualização utilizada pelo *Docker*, seus componentes e os componentes do *Linux Kernel* que serão detalhados a seguir.

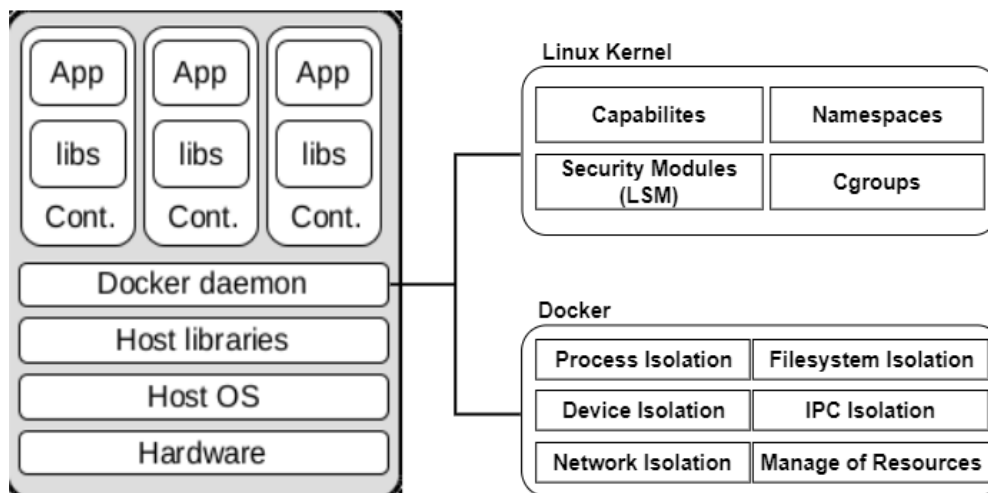


Figura 1. Arquitetura de virtualização utilizada na plataforma *Docker* (adaptado de Combe, 2016), seus componentes e os componentes do *Linux Kernel*

O Isolamento de Processos (*Process Isolation*) tem o objetivo de prevenir que o uso de *containers* maliciosos interfira em outros *containers* através da interface de gerenciamento de processos. O isolamento dos processos do *container* ocorre com o uso de *namespaces* que restringem as permissões e a visibilidade aos processos de outros *containers*. Esse mecanismo cria um número de processo (PID) para os *namespaces*, individualizando o número de processo do *namespace* do *container* e do seu *host*. Como os números de processos (PID) dos *namespaces* são hierárquicos, um processo visualiza somente outros processos ou processos-filhos dentro do seu *namespace*. O *host* pode interagir com os processos de um *container*, mas processos dentro do *container* não conseguem interagir com outros processos do *host* ou de outros *containers*. Garantir que processos não interajam entre si sem a devida permissão é assegurar o funcionamento adequado de serviços ou aplicações em *container*, requisito de segurança presente na norma arquivística brasileira que observa o aspecto de funcionamento do repositório com base em softwares de infraestrutura e de segurança e na ISO 16363 que trata a gestão de riscos de infraestrutura técnica.

O Isolamento do Sistema de Arquivos (*Filesystem Isolation*) protege o sistema de arquivos de acessos e de modificações indevidas. O uso de *namespaces* de sistema de arquivos isola a hierarquia do sistema de arquivos entre *containers*. O sistema de arquivos do *Kernel* como `"/sys"`, `"/proc/sys"`, `"/proc/sysrq-trigger"`, `"/proc/irq"` e `"/proc/bus"`, por exemplo, são compartilhados com o *container*, permitindo acesso direto ao sistema de arquivos do *host*. Minimizam-se as ameaças ao sistema de arquivos do *host* usando dois mecanismos de proteção: (1) removendo-se a permissão de escrita a esses sistemas de arquivos a partir do *container* e (2) não se permitindo que qualquer processo do *container* remonte o seu sistema de arquivos através da exclusão do recurso CAP-SYS-ADMIN e do emprego do mecanismo *copy-on-write* (Walsh, 2014). O sistema de arquivos é o local aonde serão armazenados os documentos digitais. A proteção de um sistema de arquivos é um requisito de armazenamento e preservação presente no modelo OAIS e na norma arquivística brasileira que trata de requisitos para um repositório digital confiável organizados segundo a infraestrutura organizacional, de gerenciamento digital e de tecnologia e segurança.

A comunicação entre processos (*IPC - Inter-Process Communication*) é o compartilhamento de dados entre processos através de mecanismos como semáforos, fila de mensagens, segmentos de memória compartilhados. Os processos de um *container* se comunicam exclusivamente com um determinado conjunto de recursos *IPC* e não interferem em outros *containers* ou no *host*. O isolamento de comunicação entre processos (*IPC Isolation*) ocorre através de *IPC Namespaces* distintos, com IDs Únicos, para se evitar a leitura/escrita de recursos entre *IPC Namespaces* diferentes. Assegurar o compartilhamento correto de dados entre processos é garantir o funcionamento adequado de serviços ou aplicações em *container*. É o requisito de segurança presente na norma arquivística brasileira que observa o aspecto de funcionamento do repositório com base em softwares de infraestrutura e de segurança e na ISO 16363 que trata a gestão de riscos de infraestrutura técnica.

O Isolamento de Rede (*Network Isolation*) é fundamental para prevenção de ataques de rede, como *Man-in-the-Middle* (MitM) e *ARP spoofing*, e de manipulação de tráfego de rede entre *containers* diferentes. O isolamento de rede ocorre através de *Namespaces* de rede (*Network Namespaces*) que atribuem endereços IP, tabelas de roteamento, dispositivos de rede únicos a cada *container*. Isso permitirá a interação entre *containers* através das suas respectivas interfaces de rede. A conectividade entre *containers* e com o *host* ocorre através da placa de rede virtual *Virtual Ethernet bridge* (Docker Inc., 2019), através da qual o *Docker* cria, no *host*, a interface de rede *docker0* para envio de pacotes entre as diversas interfaces de rede. Ao criar um *container*, o *Docker* gera uma nova interface de rede virtual e a conecta à *Virtual Ethernet bridge*. Contudo, esse modelo de conectividade de rede é vulnerável a ataques *ARP Spoofing* e *Mac Flooding*, uma vez que os pacotes transitam sem filtro algum pela rede. Ataques dessa natureza podem ser mitigados através de um sistema IPS (*Intrusion Prevention System*). A segurança na conectividade e comunicação de rede é um requisito fundamental para operar e administrar serviços e aplicações. Esse requisito está presente na norma arquivística brasileira que observa o aspecto de funcionamento do repositório com base em sistema operacional e outros softwares de infraestrutura com bom suporte do mercado e da comunidade de usuários, e no modelo de referência OAIS que trata de serviços de rede que fornecem recursos e mecanismos de acesso a dados e interoperabilidade de aplicações.

O Isolamento de Dispositivo (Device Isolation) é o mecanismo de segurança que, através do *cgroups*, limita o conjunto de dispositivos aos quais o container terá acesso. Esse controle é primordial para manter serviços e aplicações funcionando de acordo com a infraestrutura disponível. Esse requisito está presente na norma arquivística brasileira que observa o uso de softwares de infraestrutura com bom suporte do mercado e da comunidade de usuários, e no modelo de referência *OAIS* que, para proteção de informações e acesso restrito a um sistema de informação, trata de serviços de segurança do sistema operacional tais como controle de acesso a dados, funções e recursos de *hardware* e *software*.

O Gerenciamento de Recursos (Manage of Resources) é outro mecanismo de segurança importante que utiliza o *cgroups* para limitar acesso a recursos como *CPU* e memória de cada *container*. Configurar limites e restrições aos recursos alocados para cada *container* permite o uso racional dos recursos disponíveis de acordo com a infraestrutura definida. Esse requisito está presente na norma arquivística brasileira que trata do armazenamento, preservação e funcionamento do repositório com base em softwares de infraestrutura com bom suporte do mercado e da comunidade de usuários, e no modelo de referência *OAIS* através de serviços de sistema operacional, de rede e de segurança.

4. CONCLUSÕES E DISCUSSÕES

A preservação digital tem como objetivo garantir o acesso contínuo à informação digital íntegra e autêntica. Os repositórios digitais confiáveis (RDC-Arqs) são ambientes onde os documentos arquivísticos digitais serão armazenados, controlados e preservados. Nas instituições brasileiras, estar em concordância com a resolução Conarq Nº 43 é requisito primordial para se criar um repositório digital confiável. Com a adoção da virtualização baseada em *Docker*, este estudo inicial procura demonstrar, a partir da bibliografia pesquisada, que os mecanismos de segurança dessa plataforma trazem confiabilidade a serviços e aplicações em *container*. E a combinação desses mecanismos com recursos de segurança a nível do *Linux Kernel* elevam o nível de proteção dos *containers*. A conformidade dos mecanismos de segurança da plataforma *Docker* com os requisitos dessa norma arquivística permite, a princípio, criar um repositório digital confiável com seus serviços e aplicações implementados em *containers*. Como exemplo, o repositório digital *Artefactual Archivematica*, adotado em instituições brasileiras, possui instalação em *Docker container*.

5. TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, a comparação dos mecanismos de segurança da plataforma *Docker* com outras soluções similares poderá trazer novas abordagens de segurança quanto à prevenção e à detecção de vulnerabilidades. A segurança é um dos principais desafios ao executar serviços em ambientes virtualizados.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio das Agências brasileiras de pesquisa, desenvolvimento e inovação CNPq (Projeto INCT SegCiber 465741/2014-2), CAPES (Projetos FORTE 23038.007604/2014-69 e PROBRAL 88887.144009/2017-00) e FAPDF (Projetos UIoT 0193.001366/2016 e SSDDC 0193.001365/2016), bem como o suporte do Laboratório LATITUDE/UnB (Projeto SDN 23106.099441/2016-43), e as cooperações com o Ministério da Economia (TEDs DIPLA 005/2016 e ENAP 083/2016) e o Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (TED 002/2017).

REFERÊNCIAS

- Arellano, M. Á. M. e Cariniana, M. A., 2016. Critérios para a preservação digital da informação científica. 2008. 354 f. PhD thesis, Universidade de Brasília (Brazil).
- Combe, T. et al., 2016. To docker or not to docker: A security perspective. *IEEE Cloud Computing*, 3:54–62.

- Conarq, 2015. Resolução N° 43: Diretrizes para a implementação de Repositórios Arquivísticos Digitais Confiáveis (RDC-Arq). Conselho Nacional de Arquivos (Conarq).
- Conarq, 2016. e-ARQ Brasil: Modelo de Requisitos para Sistemas Informatizados de Gestão Arquivística de Documentos. Conselho Nacional de Arquivos (Conarq).
- Docker Inc., Docker: Network configuration. <https://docs.docker.com/articles/networking>. [Online; acessado em 24-Outubro-2019].
- dos Santos, H. M. e Flores, D., 2015. Repositórios digitais confiáveis para documentos arquivísticos: ponderações sobre a preservação em longo prazo. *Perspectivas em ciência da Informação*, Vol. 20, No. 2, pp. 198–218.
- Ferreira, M., 2016. Introdução à preservação digital: Conceitos, estratégias e actuais consensos. 2006. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002>.
- Flores, D., 2019. Responsabilidades de um Repositório Arquivístico Digital Confiável na perspectiva do Open Archival Information System. *Páginas A & B*, (11), 116-132.
- Hykes, S., 2018. Docker 0.9: introducing execution drivers and libcontainer. Internet:[http://blog.docker.com/2014/03/docker-0-9-introducin g-execution-drivers-and-libcontainer](http://blog.docker.com/2014/03/docker-0-9-introducin-g-execution-drivers-and-libcontainer), [10.03. 2014].
- International Organization for Standardization. *ISO 14721*. 2012. OAIS – Open Archival Information System. Reference model.
- International Organization for Standardization. *ISO 16363*. 2012.
- Kabbe, J. et al., 2017. Security Analysis of Docker Containers in a Production Environment.
- Kernel.org. Secure computing with filters. https://www.kernel.org/doc/Documentation/prctl/seccomp_filter.txt. [Online; acessado em 24-Outubro-2019].
- Kundu, A. e Bano, P., 2015. SELinux & Linux Repository: Introduction. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 6(2), *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, Mar 2015, Vol. 6 (2).
- Lacombe, C. e da Silva, M., 2011. Padrões para garantir a preservação e o acesso aos documentos digitais. *Acervo*, 2012, Dez: 113–124.
- Tosatto, Andrea et al., 2015. Container-based orchestration in cloud: State of the art and challenges. In *Ninth International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems, CISIS 2015, Santa Catarina, Brazil, July 8-10, 2015*, pages 70–75. IEEE Computer Society, 2015.
- Tripathi, S., 2018. Digital preservation: some underlying issues for long-term preservation. *Library Hi Tech News*, Vol. 35 No. 2, pp. 8-12. (Disponível em: <https://doi.org/10.1108/LHTN-09-2017-0067>).
- Walsh, D. J. Bringing new security features to docker. [Opensource.com](https://opensource.com)
- Wilson, T., 2017. Rethinking digital preservation: definitions, models, and requirements. *Digital Library Perspectives*, Vol. 33 No. 2, pp. 128-136. (Disponível em: <https://doi-org.ez54.periodicos.capes.gov.br/10.1108/DLP-08-2016-0029>).

APLICAÇÃO PARA A WEB PARA ANÁLISE DE IMAGENS TÉRMICAS EM AGRICULTURA DE REGADIO

Tiago Levita¹, Diana Gonçalves², Qingfeng Miao³ e José Manuel Gonçalves⁴

¹*Software Engineer, Coimbra, Portugal*

²*Biomedical Engineer, Coimbra, Portugal*

³*College of Water Conservancy and Civil Engineering of Inner Mongolia Agricultural University Hohhot, China*

⁴*Escola Superior Agrária, Politécnico de Coimbra, Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Coimbra, Portugal*

RESUMO

As técnicas de detecção remota para monitorização das culturas agrícolas, tal como a termografia infravermelha (IRT, *infrared thermography*, em inglês), permitem a captura de imagens detectando a temperatura do copado com alta resolução espacial e temporal. Esta temperatura é afectada pelo stresse hídrico o qual condiciona a produção. A monitorização da cultura e do seu estado hídrico por técnicas IRT permite o diagnóstico precoce de vários problemas das culturas, com alto potencial para economizar água, reduzir a lixiviação de nutrientes e aumentar a produtividade física e económica.

A presente comunicação apresenta o estudo do desenvolvimento de uma aplicação para a Web para análise de imagens térmicas IRT do coberto vegetal de uma cultura, associadas a imagens de luz visível, obtidas por detecção remota de proximidade. Esta aplicação é uma ferramenta informática que permite isolar uma região de uma imagem através da sua cor e determinar a respectiva temperatura, por exemplo do copado e do solo nu, fornecendo de forma expedita informação útil à gestão da cultura, designadamente para a gestão da rega e fertilização. Faz-se a apresentação dos procedimentos informáticos adoptados, das características das imagens processadas e de um exemplo prático de aplicação com a determinação do Índice de Stresse Hídrico da Cultura baseada em observações termográficas.

PALAVRAS-CHAVE

Aplicação Web, TIC em Agricultura, Termografia Infravermelha, Índice de Stresse Hídrico da Cultura

1. INTRODUÇÃO

A aplicação da Internet e das tecnologias de informação em agricultura tem tido, na última década, um grande impacto em aspectos como a forma de coleta de dados, o tratamento de informação e o desenvolvimento tecnológico. A Internet na agricultura constitui uma via de disponibilização de aplicações informáticas e de modelos de simulação que permite um largo universo de utilizadores, principalmente técnicos agrícolas, contribuindo assim para a melhoria dos procedimentos e práticas neste domínio. As aplicações mais específicas nos sistemas agrícolas de regadio referem-se à gestão da rega, ao uso de sensores e de detecção remota na coleta de informação espacial e ao uso integrado da informação em controladores automáticos e inteligentes (Khanal et al, 2017; Weltzien, 2016). O consumo de água em agricultura está sob pressão da sociedade para melhorar a sua eficiência de uso, melhorando a sua produtividade e diminuindo perdas e desperdícios. Tal melhoria requer práticas adequadas de monitorização de culturas e práticas de rega eficientes. Os métodos tradicionais usados para detectar o status hídrico das culturas eram baseados na amostragem de plantas no campo; estes métodos são destrutivos, trabalhosos, sujeitos a erros significativos e têm adaptabilidade limitada, por não ser viável colher amostras em áreas grandes, nem serem facilmente automatizados. As técnicas de detecção remota para monitorização das culturas abriram novas soluções para otimizar a gestão das culturas e da água, visando melhorar a produtividade da terra e da água e o rendimento do agricultor. Uma dessas técnicas é a termografia infravermelha, que detecta o estado da água da colheita medindo remotamente a temperatura do copado (Zia et al., 2013; Ishimwe et al., 2014; Mangus et al., 2016; Mangus, 2017).

Esta comunicação apresenta o estudo do desenvolvimento de uma aplicação para a Web para análise de imagens térmicas de infravermelhos do coberto vegetal de uma cultura, associadas a imagens de luz visível, obtidas por detecção remota de proximidade. Esta aplicação é uma ferramenta informática que permite isolar uma região de uma imagem através da sua cor, em especial da folhagem verde, e a determinação da respectiva temperatura, por exemplo do copado e do solo nu, fornecendo de forma expedita informação útil à gestão da cultura, designadamente para a gestão da rega e fertilização. Faz-se a apresentação dos procedimentos informáticos adoptados, das características das imagens processadas e de um exemplo prático de aplicação de campo, onde se utilizou este software.

2. METODOLOGIAS

Distinguem-se aqui a metodologia utilizada no desenvolvimento da aplicação e a metodologia utilizada na experiência na qual a aplicação foi utilizada.

2.1 Desenvolvimento da Aplicação

2.1.1 Objectivo

Esta aplicação foi desenvolvida com o objectivo de facilitar e agilizar o processo de análise de dados térmicos obtidos por detecção remota de proximidade, no âmbito de trabalhos experimentais na área da agricultura. Nomeadamente, de imagens térmicas recolhidas de plantas de folhagem verde. A aplicação será utilizada, preferencialmente, por engenheiros agrónomos e por técnicos agrícolas.

Pretende-se que a aplicação leia e interprete imagens obtidas de câmaras térmicas FLIR. Para cada imagem de cor natural, o programa deve isolar, de forma fácil, rápida e consistente, uma zona que corresponda ao verde das folhas de uma planta. Havendo isolado essa região, deve ir buscar a informação da temperatura associada e realizar cálculos, apresentando-os ao utilizador.

2.1.2 Especificações

Esta aplicação permite o carregamento de ficheiros gerados pela FLIR C3. Estes ficheiros são compostos por três partes: informação térmica, que é a informação captada pelo sensor térmico que corresponde ao conjunto dos valores medidos pelo conversor analógico/digital da radiação recebida em cada píxel, uma imagem de luz visível e metadados, que incluem os dados de calibração de fábrica da câmara para o cálculo da temperatura. A partir da informação térmica pode ser gerada uma imagem térmica, que é uma imagem de menor resolução e contida na imagem de luz visível, pelo que é necessário proceder ao cálculo das temperaturas e ao alinhamento das mesmas.

O programa funciona em duas partes: uma parte de preparação da imagem, que inclui o carregamento e a preparação dos dados e uma parte de análise da imagem, que inclui o isolamento da região de interesse e os cálculos com as temperaturas nessa zona.

É na fase de preparação dos dados que se realiza o cálculo das temperaturas, dado pela lei de Planck e pelos valores presentes nos metadados e o alinhamento das imagens referidos anteriormente.

O isolamento da região de interesse é feito pela selecção de píxeis que cumpram $H_{cor1} < H_{pixel} < H_{cor2}$, $S_{cor1} < S_{pixel} < S_{cor2}$ e $L_{cor1} < L_{pixel} < L_{cor2}$, sendo H_n (*hue*), o tom, S_n (*saturation*), a saturação, L_n (*lightness*), a luminosidade, *cor1* e *cor2* cores de corte, no espaço de cores HSL (*Hue Saturation Lightness*, em inglês), e *pixel* o píxel a analisar. São isolados também os píxeis da imagem térmica que correspondem aos píxeis da imagem de luz visível seleccionados. Estes passam posteriormente pelo corte de valores extremos, que consiste em retirar uma percentagem de píxeis de valores de temperatura máximos e mínimos.

Os parâmetros utilizados no isolamento da região estão pré-definidos no programa, podendo ser alterados pelo utilizador, servindo para este ajustar a área de interesse. Com os valores de temperatura dos pontos seleccionados, o programa realiza cálculos numéricos que são mostrados ao utilizador.

2.2 Contexto Experimental

O trabalho experimental de campo foi desenvolvido no Aproveitamento Hidroagrícola do Baixo Mondego, numa parcela privada, cultivada com milho-grão, regado pelo método dos sulcos. Os detalhes agronômicos deste estudo estão explanados em Gonçalves et al. (2018). Foi usada uma câmara térmica portátil FLIR C3, com resolução de imagem térmica de 80 x 60 píxeis com uma precisão de cerca de 0,1°C, colocada manualmente sobre o topo do copado, cerca de 1,5 m acima das folhas. As imagens térmicas foram obtidas semanalmente, sob condições de céu claro, próximo ao meio-dia solar.

Para avaliação das condições de conforto da cultura e a sua relação com a distribuição da água de rega na parcela, foi considerado o Índice de Stresse Hídrico da Cultura (CWSI) calculado através da equação (Jackson et al, 1981): $CWSI = (T_{copado} - T_{hum}) / (T_{seco} - T_{hum})$, sendo T_{copado} a temperatura atual do copado obtida pela câmara térmica; T_{hum} a temperatura da folha em situação de pleno conforto hídrico, garantindo essa situação através da pulverização da mesma com água; T_{seco} a temperatura da superfície da folha em ausência de transpiração, causada por intenso stress hídrico, para o que se utilizou uma superfície de tecido verde orientada para sul. CWSI permite uma estimativa do estado de stress da cultura, compreendido entre 0, sem stresse, e 1, máximo stress (Taghvaeian et al, 2012). Estas temperaturas T_{copado} , T_{hum} e T_{seco} são medidos no campo pela câmara térmica, nas diversas condições referidas.

3. RESULTADOS

3.1 A Aplicação

As imagens são analisadas pelo programa de forma individual e independente. Ao utilizador é permitido alterar alguns parâmetros em relação aos valores pré-definidos, como os valores para definição da cor a ser isolada e do corte dos valores extremos, sendo que, por omissão, estes valores já estão definidos.

A Figura 1 apresenta um exemplo do aspecto do programa e dos dados que ele apresenta.

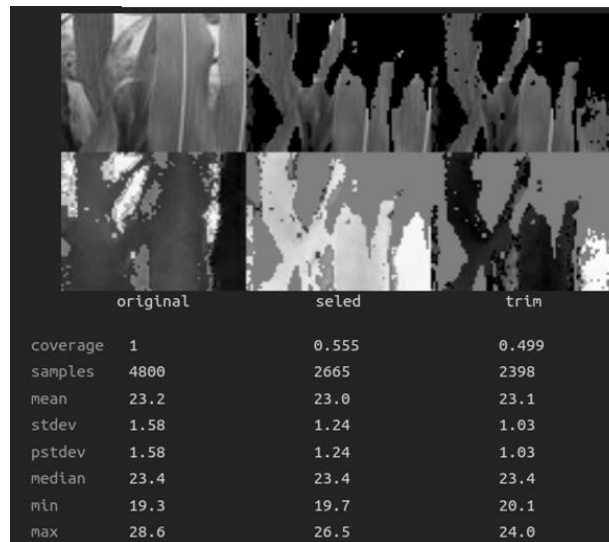


Figura 1. Exemplo de *layout* do programa

São mostrados três conjuntos de imagens emparelhadas de imagem de luz visível e imagem térmica, conforme exemplificado na Fig. 1. As imagens de luz visível estão redimensionadas para a região coincidente com as imagens térmicas. O primeiro par, (*original*) à esquerda, mostra a imagem original. O do meio, (*seled*), a região com a cor de interesse seleccionada. O da direita, (*trim*), a região com a cor de interesse, sem os pontos com temperaturas extremas. Os píxeis excluídos na imagem de luz visível aparecem pintados a preto e na imagem térmica, a cinzento.

Associado a cada par de imagens aparece a análise numérica. O rácio de píxeis utilizado para o cálculo (*coverage*); o número de píxeis seleccionados (*samples*); a média do seu valor (*mean*); o desvio padrão associado, baseado na amostra (*stdev*) ou na população (*pstdev*); o valor mediano (*median*), o valor mínimo (*min*) e máximo (*max*).

O valor a ser utilizado pelo utilizador para o cálculo do CWSI é a média (*mean*) e o desvio padrão (*stdev*), que representa a região de interesse na imagem fotografada. Os restantes campos servem para avaliação da qualidade da selecção dos pontos e, portanto, da qualidade desse valor de interesse.

3.2 Avaliação

Uma vez que a aplicação está num ciclo inicial de desenvolvimento, não foram realizados testes de usabilidade formais, sendo apenas requerido aos utilizadores uma apreciação e uma crítica da utilização do programa. Os utilizadores referiram a aplicação como sendo de fácil utilização e útil para o seu propósito, tendo permitido a extracção de dados viáveis para o estudo em que se inseriam. Foram, no entanto, notadas algumas dificuldades, nomeadamente a dificuldade em ajustar os parâmetros de selecção da área de interesse. Isto explica-se tanto pela complexidade do ajuste, dado o elevado número de variáveis, como pela morosidade do processo, que tem de ser repetido para cada imagem individual.

Foram indicadas algumas sugestões de melhoramento, como a leitura de várias imagens em simultâneo, a integração de informação espacial e temporal, ou seja, do ponto no terreno a que respeita uma dada imagem, bem como a que fase de desenvolvimento da planta se refere. Isto permitiria uma análise mais rápida dos dados de todo o terreno e da sua evolução temporal. Foi também sugerida a extracção de dados gráficos. Aliada ao melhoramento anteriormente referido, permitiria a visualização gráfica do estado de todo o terreno de forma imediata. Outra sugestão feita foi a incorporação do cálculo do CWSI na aplicação.

3.3 Aplicação dos Dados

Apresentam-se resultados de um estudo experimental de campo, em que se efetuaram medições térmicas do copado de uma cultura de milho. A captura das imagens foi efectuada manualmente, sendo usada uma haste para colocação da câmara a uma altura suficientemente elevada para a câmara se posicionar cerca de 1 metro acima do copado. No gráfico da esquerda da Fig. 2 apresentam-se valores de CWSI em quatro dias diferentes em diversos pontos, localizados a diferentes distâncias da cabeceira da parcela, para obter representatividade espacial na parcela. Em face da natureza do sistema de rega por sulcos, à medida que aumenta esta distância ficam registados valores acrescidos de stress hídrico, a partir de maiores valores de temperatura do copado.

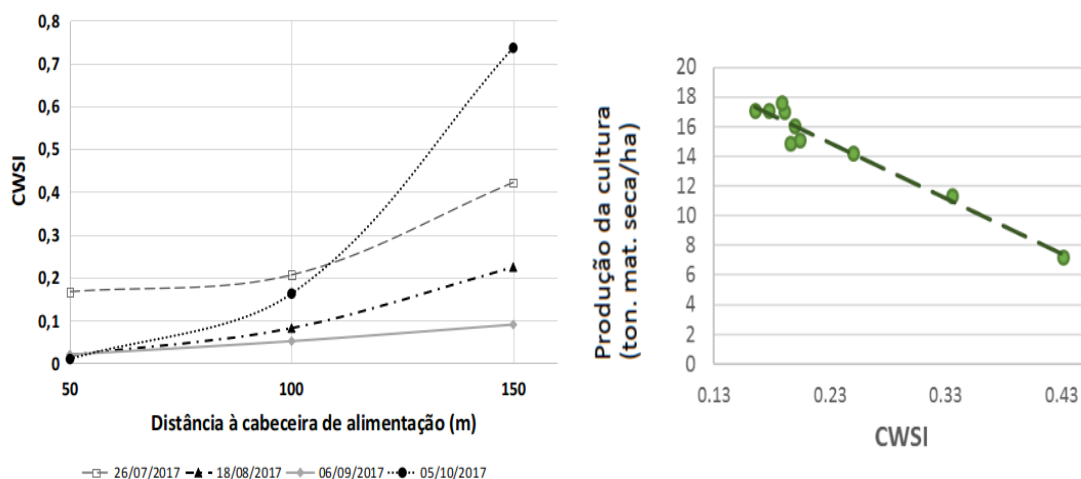


Figura 2. Exemplo de resultados do índice de stress hídrico da cultura do milho (CWSI) obtido por medições térmicas (esquerda) e a sua relação com a produtividade (direita)

No gráfico do lado direito desta figura, apresenta-se a relação da produtividade da cultura (milho-grão seco) com os valores médios sazonais dos valores de CWSI, nos referidos pontos da cultura na parcela.

4. CONCLUSÕES

A aplicação para a Web destinada a analisar imagens termográficas do copado duma cultura mostrou ser uma ferramenta informática eficiente e flexível, permitindo o carregamento das imagens obtidas pela câmara térmica de forma simples, o seu registo e a determinação do valor da temperatura do copado de forma automática. No contexto agronómico da experimentação, a termografia por infravermelhos aplicada ao copado permitiu, através da facilidade em obter os dados para o cálculo do CWSI, avaliar a variabilidade do desenvolvimento da cultura na parcela. O processo de captura das imagens é melhorado se for utilizado um veículo aéreo não tripulado (drone), sendo cada imagem devidamente georeferenciada.

A aplicação poderá ser melhorada, permitindo a análise de várias imagens em simultâneo, possibilitando a extração de dados com referência espaciais e temporais, bem como a sua visualização gráfica, e o cálculo integrado do CWSI. Esta melhoria será determinante aquando da disponibilização das imagens por drone, sendo necessário o devido registo das imagens em base de dados. Outra melhoria possível é o afinamento da área de interesse a analisar de forma automática. Este último coloca-se como um desafio, dada a complexidade do problema. Há vários aspectos a considerar, desde a espécie da planta, à fase de desenvolvimento da mesma ou até mesmo à estrutura fotografada, que alteram o tom de verde de interesse na imagem, até questões mais técnicas como sombras ou regiões de alto brilho na imagem ou as limitações do sensor da câmara.

AGRADECIMENTO

i) Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior Agrária de Coimbra - ESAC, Portugal; ii) Projecto HIRT - *Modelling surface hydrologic processes based on infrared thermography at local and field scales* (PTDC/ECM-HID/4259/2014 – POCI-01-0145-FEDER-016668); iii) Projecto NDYB2016-23, *National Thirteenth Project Five-Year Scientific and Technical Support Plan*, Inner Mongolia Agricultural University, China.

REFERÊNCIAS

- Gonçalves, J.M. et al, 2018. Using Infrared Thermography to estimate the CWSI and furrow irrigation performance in a maize field in the Lower Mondego Valley, Portugal. Proceedings XIX World Congress of CIGR “Sustainable Life for Children”, Antalya, Turkey.
- Ishimwe, R. et al, 2014. Applications of Thermal Imaging in Agriculture—A Review. *Advances in Remote Sensing*, 3, pp. 128-140. <http://dx.doi.org/10.4236/ars.2014.33011>.
- Jackson, R.D. et al, 1981. Canopy temperature as a crop water stress index. *Water Resour. Res.* 17, pp. 1133-1138.
- Khanal, S. et al, 2017. An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 139, 22–32.
- Mangus, D.L. et al, 2016. Development and evaluation of thermal infrared imaging system for high spatial and temporal resolution crop water stress monitoring of corn within a greenhouse. *Computers and Electronics in Agriculture* 121, pp. 149–159.
- Mangus, D.L., 2017. The basics of thermal imaging with unmanned aerial systems. *Resource*, March/April, pp. 16-18, ASABE, Michigan.
- Taghvaeian, S. et al, 2012. Infrared Thermometry to Estimate Crop Water Stress Index and Water Use of Irrigated Maize in Northeastern Colorado. *Remote Sens.* 2012, 4, pp. 3619-3637. doi:10.3390/rs4113619.
- Weltzien, C., 2016. Digital agriculture – or why agriculture 4.0 still offers only modest returns. *LANDTECHNIK* 71(2), pp. 66-68.
- Zia, S. et al., 2013. Infrared thermal imaging as a rapid tool for identifying water-stress tolerant maize genotypes of different phenology. *J. Agron. Crop Sci.*, pp. 75–84.

DESENVOLVIMENTO INTERATIVO DE UM ROBÔ PARA EXECUÇÃO DE ATAQUES DE ENGENHARIA SOCIAL NO TWITTER

Jefferson Viana Fonseca Abreu, Jorge Henrique Cabral Fernandes e João José Costa Gondim
*Departamento de Ciência da Computação — Universidade de Brasília (UnB)
Campus Universitário Darcy Ribeiro, UnB – Brasília, DF, 70910-900, Brasil*

RESUMO

Uma série de robôs que realizam ataques simulados de engenharia social do tipo *phishing*, na plataforma *twitter* foi desenvolvida iterativamente. Três diferentes experimentos coletando dados para a identificação de atributos das contas que indicassem quais delas seriam mais vulneráveis a esse tipo de ataque, visando o futuro desenvolvimento de estratégias para sensibilização de usuários foram executados. Embora os resultados sobre os preditores de comportamento de usuários ainda sejam inconclusivos, os demais resultados obtidos indicam ser possível a execução continuada de ataques de *phishing* no *twitter*, apesar das estritas políticas de segurança adotadas na plataforma.

PALAVRAS-CHAVE

Robôs, *Phishing*, *Twitter*, Cibersegurança

1. INTRODUÇÃO

O *phishing* é uma técnica de engenharia social que pode ser definida como uma fraude escalável onde a personificação e usada como forma de ganhar influência e (ou) persuasão, visando coletar informações da vítima, que não seriam normalmente fornecidas. [Lastdrager 2014] Podemos assim, dividir o ataque de *phishing* em duas etapas: (i) personificação e (ii) coleta de informações. É usual o emprego de robôs que realizam ataques de *phishing* de maneira automatizada, o que agrava substancialmente a situação. Esses tipos de ataques representam uma séria ameaça a segurança da informação, pois aumentam o alcance dos golpes, [Lauinger et al. 2010] tornando-os mais baratos. [Huber et al. 2009].

Hoje em dia a inteligência artificial é avançada o suficiente para produzir robôs que são capazes de se passar por seres humanos, [Shafahi et al. 2016] este tipo de robô é chamado de robô social. Segundo [Rouse 2013] um robô social é um software que é capaz de simular o comportamento humano através de interações automatizadas em uma rede social online. Robôs podem ser utilizados em redes sociais com motivações boas (por exemplo um *chatbot* que interage com clientes de alguma organização), mas também podem ser utilizados para tarefas malevolentes como compartilhar *spam*, vetores para *phishing* ou disseminação de *fake news*. [Freitas et al. 2015].

1.1 Trabalhos Relacionados

Em [Lauinger et al. 2010] são descritos ataques que simulam o comportamento humano, performados no *IRC*. Por sua vez [Jakobsson e Ratkiewicz 2006] estuda ataques onde o alvo é um sítio de leilões online além de promover uma discussão sobre a ética envolvida em realizar este tipo de pesquisa científica. O artigo [Shafahi et al. 2016] relata o uso de robôs que simulam o comportamento humano para testes sobre *phishing* no *twitter* e é o que mais se assemelha a este trabalho pois nele os testes também usam a plataforma *twitter*.

Uma das ameaças aos usuários do *twitter* é o *phishing* [Shafahi et al. 2016], sendo um problema já conhecido a dificuldade de detectar este tipo de investida. [Purkait 2012, Jakobsson et al. 2008, Hatfield 2018]. Entretanto, alguns estudos já demonstraram que os trabalhos que objetivam educar as pessoas contra essa ameaça apresentam bons resultados. [Alencar et al. 2013, Purkait 2012]. Assim sendo, o pressuposto deste trabalho foi de que, para se obter resultados mais impactantes contra o *phishing*, é necessário conhecer mais sobre essa forma de ataque.

1.2 Declaração de Contribuição

A principal contribuição do trabalho é a engenharia reversa da detecção de robôs do *twitter*. Além disto também houve a descrição do processo de concepção (e arquitetura) de um robô que simula ataques de engenharia social automatizada no *twitter*, e que possui grande chance de atuar de forma continuada, sugerindo que a mídia social *twitter* ainda não está plenamente preparada para mitigar o abuso da plataforma por robôs.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O problema em questão é a identificação de atributos das contas que indicassem quais delas seriam mais vulneráveis a um ataque de *phishing* no *twitter*, visando o futuro desenvolvimento de estratégias para sensibilização de usuários foram realizados. Para a identificação destes dados, foram desenvolvidos robôs para coleta de informações.

3. METODOLOGIA

A pesquisa buscou ser elaborada dentro de estritos critérios científicos e éticos, observada a dificuldade o fenômeno a ser investigado, vislumbrando testar conceitos sobre a operação do *phishing*. Os ataques executados foram feitos da maneira mais inócua possível, sem coleta de dados eventualmente informados pelos usuários atacados. Neste experimento os participantes não foram explicitamente avisados que estavam em um experimento científico vislumbrando evitar que esses apresentassem comportamento divergente ao que ocorreria em seu cotidiano. Apesar disso, os participantes foram informados implicitamente sobre o experimento, como é explicado na seção 4.1. A sequência de experimentos foi executada com graus de complexidade incrementais, onde os dados e resultados obtidos em um experimento de sequência x indicavam os caminhos seguintes com funcionalidades a serem inseridas no experimento de sequência $x + 1$.

3.1 Planejamento dos Ataques

O planejamento dos ataques consistiu em definir o que seria executado para cumprir o objetivo do experimento, com base em seis etapas: (1) Identificação do fluxo de tuítes As contas a serem atacadas seriam escolhidas a partir da atividade de publicação de tuítes, obtido através do uso de palavras-chave, para escolher as possíveis vítimas, conforme seus grupos de interesse; (2) Obtenção do fluxo de tuítes Seria obtido no *twitter* um fluxo contínuo de tuítes associados aos grupos de interesse, os quais seriam armazenados em um *buffer* assincronamente consumido; (3) Amostragem de contas À medida que o fluxo de tuítes fosse consumido, deveria realizar-se uma amostragem das contas, identificando aquelas que seriam atacadas; (4) Personificação, por meio do envio de estímulos para as contas a serem atacadas, deveriam ser enviados estímulos, oferecendo informações de potencial interesse aos usuários dessas contas; (5) Análise da resposta os estímulos Para os usuários que “morderam a isca” a partir dos tuítes, lhes seria apresentada uma página que supostamente buscava completar o ataque, por meio da coleta de dados pessoais; e (6) Contabilização Os dados que relatam o comportamento do usuário (tempo de visita à página após o ataque, oferta de dados pessoais, visita à página do sítio etc) seriam contabilizados.

4. TESTES E RESULTADOS

Cada experimento demandou conhecer com mais profundidade como o *twitter* funciona, e quais estratégias seriam suficientes para viabilizar o funcionamento dos robôs. Os tópicos mais comentados se distribuíam entre eventos musicais, *reality shows*, grandes eventos esportivos e investigações da Polícia Federal [Alves 2017]. Depreendeu-se que os assuntos mais comentados pertenciam a 3 grandes áreas: Entretenimento, esportes e política. Essas foram as áreas temáticas escolhidas para os demais experimentos.

4.1 Robô/Experimento 1

O primeiro experimento testou a primeira estratégia de ataques de *phishing*. O servidor *web*, desenvolvido nesse experimento, foi o mesmo utilizado em todos os subsequentes. Esse apresentava uma página contendo um formulário que solicitava dados pessoais do usuário, para um suposto cadastro, visando em seguida apresentar-lhe uma notícia. Todos os acessos foram contabilizados. A página apresentava dois botões: “Acessar” e “Acessar sem cadastro”, e também uma *url*, cujo texto era: “Para ver o projeto desta pesquisa científica clique aqui”. Essa última *url* direcionava o usuário a leitura do projeto real da pesquisa aqui relatada. A figura 1 mostra um exemplo da página mostrada às vítimas.

Figura 1. Exemplo da página mostrada aos usuários que respondiam ao ataque

O experimento 1 foi executado em duas baterias, sendo uma curta, de 30 minutos, no décimo oitavo dia da pesquisa, e outra longa, com duração de 3 horas, no décimo nono dia da pesquisa, quando então ocorreu o banimento das contas que estavam sendo usadas pelo robô, pela plataforma *twitter*. A duração dos ataques foi de apenas algumas horas. Utilizaram-se 2 contas diferentes, onde cada conta realizava postagens específicas em uma das áreas temáticas: esportes ou entretenimento. Foram enviados 65 tuítes (32 em uma conta e 33 em outra) para usuários distintos. Os pesquisadores optaram por não realizar testes com o assunto política, pois o experimento 1 foi realizado durante o período da campanha eleitoral brasileira de 2018.

Após a realização do experimento 1 foi compreendido que o robô não atendia aos requisitos funcionais estabelecidos. Ele deveria ser bem mais sutil para passar despercebido pelos mecanismos de detecção do *twitter*. Isso fomentou um refinamento nos requisitos dos robôs. Através de uma nova leitura das regras de uso da API do *twitter* perceberam-se que os estavam falhando nos seguintes pontos: (i) todos os tuítes faziam menções às contas atacadas; (ii) muitas postagens eram duplicadas ou muito semelhantes e (iii) o robô realizava o redirecionamento dos usuários para uma página intermediária, antes de enviar para a notícia.

4.2 Robô/Experimento 2

O objetivo do Robô/experimento 2 foi solucionar as falhas do experimento anterior. Para cada uma das três falhas do experimento 1 foi adotada uma técnica de mitigação. Para (i), a mitigação consistiu em fazer a postagem de outros tuítes, intercalados com os tuítes de pseudo-ataques. O ponto (ii) motivou a diversificação das iscas enviadas, combinada com postagem de tuítes que não eram ataques. Já (iii) não havia como ser corrigido, como não foi possível evitar o redirecionamento, usou-se um encurtador de *urls*.

Os ataques ocorreram durante 2 dias ininterruptos. Os testes foram suspensos devido a mais um bloqueio de uma das contas utilizadas, dentre as 3 contas diferentes usadas por três robôs, cada uma com postagens específicas em uma das áreas temáticas: política, esportes ou entretenimento. Não se sabia ao certo o porque da conta ter sido banida. Foram levantadas três razões possíveis para explicar esse banimento: um alvo fez uma denúncia; o robô agia 24 h por dia, sem pausa; o robô realizava postagens com muita frequência.

O experimento 2 não produziu dados de interação de usuários que por si só fossem relevantes. Entretanto, existiram fortes indicativos de que o desenvolvimento dos experimentos estava progredindo de maneira satisfatória. Apesar do banimento de uma das contas, essa conta ficou muito mais tempo executando, se comparado ao experimento 1. A tabela 1 mostra a quantidade de ataques enviados no experimento 2, segmentados por área temática.

4.3 Bot/Experimento 3

De modo semelhante ao ocorrido no experimento 2, os aprendizados obtidos no experimento anterior serviram para embasar as melhorias na nova versão do programa de computador. Foram adotadas técnicas de mitigação para as razões possíveis do banimento da conta perdida no experimento anterior.

Percebeu-se que os experimentos não poderiam ser executados de maneira ininterrupta. Por isso, durante a madrugada, os experimentos passaram a ser interrompidos. Além disso, constatou-se que os robôs deveriam atuar de maneira menos frequente, ficando mais parecidos com o comportamento humano [Almeida e Gondim 2019]. A diminuição da velocidade de postagem de tuítes ocorreu através de uma solução bastante simples: desprezando uma fração significativa dos alvos em potencial.

Após o ajuste, os testes foram retomados, e sua interrupção ocorreu por decisão dos pesquisadores, não tendo ocorrido nenhum problema com a plataforma diferentemente dos experimentos 1 e 2. Foram utilizadas 2 contas diferentes, onde cada robô controlava uma conta e realizava postagens específicas em uma das áreas temáticas: política ou esportes. Durante toda a execução do experimento 3, foram enviados 569 mensagens com *urls*, distribuídos entre os assuntos política e esportes. Se comparado com o experimento anterior, foram enviados 17 *urls* a mais no assunto política, e 56 *urls* a mais no assunto esportes. A tabela 1 mostra a quantidade de tuítes de ataques enviados no experimento 3, segmentados por área temática.

Tabela 1. Tuítes de ataques por assunto, nos experimentos 2 e 3

Experimento	Política	Esportes	Entretenimento	TOTAL
2	336	160	245	741
3	353	216	-	569

5. DISCUSSÃO

Os robôs aqui criados são menos sofisticados que os descritos em [Shafahi et al. 2016] no que concerne à simulação de comportamento humano. Entretanto as interações com usuários que sinalizam que ao menos alguns os robôs conseguiram se passar por usuários humanos. Além disso, a pesquisa aqui relatada desenvolveu ataques mais agressivos, que entraram em contato direto com as vítimas, por meio de menções às suas contas sem, no entanto, coletar dados que permitissem a posterior identificação da vítima. A pesquisa, embora não tenha identificado quais fatores seriam fortes preditores do comportamento inseguro de usuários, conseguiu produzir resultados significativos. O robô desenvolvido no experimento 3 demonstrou ser estável, realizando ataques por cerca de 10 dias, sem detecção. Somados aos dados do experimento 2, o número de ataques realizados foi acima de mil. A principal contribuição deste artigo foi é a engenharia reversa da detecção de robôs do *twitter*, pois algumas regras puderam ser inferidas na medida que os robôs foram melhorando ao evadir-se dessas. Além disso outra colaboração é a concepção de uma metodologia exploratória para construir robôs capazes de burlar os mecanismos automáticos de verificação do *twitter*. Os resultados sugerem que, aparentemente, a detecção de robôs no *twitter* não envolve meios linguísticos (como detecção de expressões regulares), mas a observação de comportamentos claramente não humanos em parâmetros como frequência e continuidade de tuítes, duração de período de atividade e similares. Essa abordagem de detecção é bem simples e geral, e busca não impactar a experiência do usuário.

6. CONCLUSÃO

Foi proposta e executada uma metodologia iterativa incremental para desenvolvimento de experimentos na construção de robôs que simulam ataques de engenharia social do *twitter*, tendo sido desenvolvido um robô que conseguiu funcionar, por dez dias sem detecção no *twitter*, atacando usuários de forma potencialmente agressiva. Os acertos podem vir a ser utilizados em futuros experimentos relacionados ao tema. Os erros cometidos nos experimentos 2 e 3 também podem ser utilizados como exemplos de más práticas, a não serem repetidas. Na perspectiva de trabalhos futuros, espera-se repetir o experimento durante um período maior de tempo, com execução em outras plataformas, e observando outros atributos dos usuários visando mapear preditores mais significativos de comportamento inseguro de usuários diante de ataques de engenharia social.

REFERÊNCIAS

- Alencar, G. D., Lima, M., Firmo, A. C. (2013). O efeito da conscientização de usuários no meio corporativo no combate à engenharia social e phishing. IX simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI'13), páginas 254–259.
- Almeida, P. S. e Gondim, J. J. C. (2019). Click Fraud Detection e Prevention system for Ad Networks. *Journal of Information Security e Cryptography (Enigma)*, 5(1):27–39.
- Alves, S. (2017). Twitter revela principais assuntos e tweets na rede social no Brasil e no mundo em 2017. de São paulo, F. F. (2017). Rock in Rio e 'BBB' são os assuntos mais comentados no Twitter.
- Freitas, C., Benevenuto, F., Ghosh, S., e Veloso, A. (2015). Reverse engineering socialbot infiltration strategies in twitter. In 2015 IEEE/ACM International conference on Advances in Social Networks Analysis e Mining (ASONAM), páginas 25–32. IEEE.
- Hatfield, J. M. (2018). Social engineering in cybersecurity: The evolution of a concept. *Computers & Security*, 73:102–113.
- Huber, M., Kowalski, S., Nohlberg, M., e Tjoa, S. (2009). Towards automating social engineering using social networking sites. Em *Computational Science and Engineering, 2009. CSE'09. International Conference*, volume 3, páginas 117–124. IEEE.
- Jakobsson, M. e Ratkiewicz, J. (2006). Designing ethical phishing experiments: a study of (rot13) ronl query features. Em *Proceedings of the 15th international conference on World Wide Web*, páginas 513–522. ACM.
- Jakobsson, M., Johnson, N., e Finn, P. (2008). Why and how to perform fraud experiments. *IEEE Security & Privacy*, 6(2).
- Lastdrager, E. E. (2014). Achieving a consensual definition of phishing based on a systematic review of the literature. *Crime Science*, 3(1):9.
- Lauinger, T., Pankakoski, V., Balzarotti, D., e Kirda, E. (2010). Honeybot, your man in the middle for automated social engineering. In *LEET*.
- Purkait, S. (2012). Phishing counter measures e their effectiveness—literature review. *Information Management & Computer Security*, 20(5):382–420.
- Rouse, M. (2013). What is socialbot? - Definition from WhatIs.com.
- Shafahi, M., Kempers, L., e Afsarmanesh, H. (2016). Phishing through social bots on twitter. Em *Big Data (Big Data), 2016 IEEE International Conference*, páginas 3703–3712. IEEE.

ESTUDO EXPERIMENTAL DA BIOMETRIA COMPORTAMENTAL PARA AUTENTICAÇÃO CONTÍNUA DE USUÁRIOS EM APLICAÇÕES BANCÁRIAS *MOBILE*

Priscila Morais Argôlo Bonfim Estrela, Dino Macedo Amaral, Robson de Oliveira Albuquerque,
William Ferreira Giozza, Georges Daniel Amvame-Nze e Alexandre Solon Nery
Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília - DF, Brasil - Zipcode 70910-900

RESUMO

Neste artigo é proposto um *framework* multimodal para autenticação contínua e implícita em aplicações bancárias *mobile*, baseado na biometria comportamental no momento de digitação da senha, em tempo de *login* e na interação via *touchscreen* com a aplicação pós *login*, para geração de alertas de segurança caso um impostor tente se passar por um usuário legítimo na utilização da aplicação. Os resultados demonstram que a abordagem utilizada é promissora. Por exemplo, com o uso do algoritmo *Random Forest* foi possível atingir uma precisão média de 96% com *Equal Error Rate* (EER) de 3,57% para os modelos de digitação da senha, e 99% com EER de 0% para a interação via *touchscreen* com a aplicação pós *login*.

PALAVRAS-CHAVE

Autenticação Contínua, Biometria Comportamental, *Mobile*

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de diminuir fraudes em aplicações de meios de pagamento *mobile* é um problema crescente. E focar apenas na identificação da fraude ao invés da prevenção (L. Peotta *et al*, 2011) é um cenário corrente encontrado em soluções de *Internet Banking*. Neste contexto, a biometria *touch* surge como uma possível solução para esta questão pois, utilizada em conjunto com um outro método de autenticação, via senha por exemplo, pode trazer um maior nível de segurança na autenticação do usuário (P. S. Teh *et al*, 2016). Isso permite tornar a experiência do usuário melhor, bem como reduzir o número de fraudes baseadas no roubo de credenciais, pois, neste cenário, além de roubar as credenciais, seria necessário que o criminoso tivesse um comportamento semelhante ao usuário vítima de fraude na interação com o dispositivo no momento de digitação da senha e na interação com a aplicação.

O *framework* proposto neste trabalho baseia-se em um modelo que une tanto a autenticação contínua estática, quanto a dinâmica, para autenticação do usuário durante todo o momento de interação com a aplicação. A autenticação contínua é baseada nas características do movimento e dos sensores durante a interação com a aplicação por parte do usuário. O foco deste trabalho é voltado para as aplicações bancárias *mobile*. Na fase de desenvolvimento, considera-se um ambiente experimental mais próximo do real, com alguns resultados apontando para uma acurácia entre 96% e 99%, com EER entre 0% e 3,57%, mesmo em um ambiente sem determinação dos dispositivos específicos.

Este artigo está organizado conforme se segue. Na Seção 2 é apresentada uma revisão de conceitos e da literatura. A Seção 3 descreve a modelagem experimental e apresenta e discute os resultados preliminares obtidos com o modelo proposto. Por fim na Seção 4 são apresentadas as conclusões deste trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

2. CONCEITOS BÁSICOS E REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção serão apresentados os principais conceitos envolvidos na autenticação contínua em dispositivos móveis, em conjunto com uma revisão da literatura, focada em trabalhos desenvolvidos para aplicações financeiras.

2.1 Conceitos Básicos

A biometria comportamental *touch* refere-se ao processo de medir e avaliar o ritmo do toque humano em dispositivos *touchscreen* mobile (P. S. Teh *et al*, 2016). O comportamento biométrico no uso de um dispositivo *touchscreen*, pode ser obtido a partir das informações coletadas dos vários sensores que compõem os *smartphones* modernos como: acelerômetro, sensor de luz do ambiente, compasso de digitação, giroscópio, GPS, sensor de proximidade, *touchscreen* e WiFi (D.-H. Shih, C.-M. Lu, and M.-H. Shih, 2015). Um conjunto dessas informações coletadas pode ser capturado para construir o padrão biométrico de um indivíduo, de uma forma implícita e não intrusiva.

A autenticação contínua pode ser definida como a contínua verificação da identidade de uma pessoa baseada em aspectos do seu comportamento na interação com um dispositivo computacional (L. Fridman *et al*, 2017), tais como por exemplo a continuidade e a transparência (A. Mahfouz *et al*, 2017). Na autenticação contínua em dispositivos *mobile*, o processo de verificação contínua pode acontecer baseado em um comportamento único, como o padrão de digitação, de forma estática ou pode se dar de forma multimodal, observando um conjunto de vários comportamentos e classificadores para a definição da biometria comportamental do indivíduo de forma dinâmica (L. Fridman *et al*, 2017).

2.2 Trabalhos Relacionados

Em (M. Temper, S. Tjoa, and M. Kaiser, 2015), foi implementado um *framework* para aplicações bancárias *mobile*, baseado na autenticação contínua de usuários. O trabalho envolveu 22 voluntários, que interagiram com uma aplicação prototipada, baseada na interface de uma aplicação original de um banco. Nesse trabalho foram utilizadas 15 características diferentes. Foram colhidos os dados de 30 sessões de cada usuário, sendo que 10 foram utilizadas para treino e as outras 20 para testes. O aparelho utilizado foi um Nexus 4 com Android 4.4.4. A identificação do usuário foi baseada na dinâmica de digitação e na interação com o *touchscreen*. A principal contribuição desse trabalho foi utilizar um classificador baseado na lógica Fuzzy. Apesar do alto EER obtido (11,5%) esse trabalho foi destacado por ter o foco em aplicações bancárias, e sua estrutura conter a captura tanto estática quanto dinâmica da biometria comportamental do indivíduo, o que serve de referência, para a busca por uma melhor precisão.

Em (A. Buriro, S. Gupta, and B. Crispo, 2017) é descrito um experimento com autenticação contínua em aplicações *mobile* com foco em *Internet Banking*, com captura apenas estática, digitação da senha. Para a captura das características foi desenvolvida uma aplicação, bem parecida com uma aplicação original de uma solução de meio de pagamento bem conhecida, que funciona em qualquer dispositivo com Android 4.4.x ou superior. Cada voluntário precisou digitar a senha de 8 dígitos, em 3 sessões durante 3 dias. Foram coletadas 30 amostras de cada um dos 95 usuários, contendo informações do acelerômetro, de orientação, sensor de gravidade, magnetômetro e giroscópio. Com base nessas informações foram geradas 142 características diferentes, para cada indivíduo. O melhor resultado observado durante os experimentos, com uma precisão de 96%, foi utilizando o algoritmo *Random Forest* com 15 amostras para treino.

3. ESTUDO EXPERIMENTAL

O primeiro ponto a ser observado é a contribuição deste estudo para o desenvolvimento de um *framework* que seja capaz de fornecer a autenticação dos usuários durante sua interação com uma aplicação móvel financeira, abrangendo desde os eventos de digitação aos de deslize de tela. Tendo esses aspectos em consideração, a Tabela 1 apresenta um resumo da contribuição deste trabalho em relação a outros trabalhos na revisão da literatura.

Tabela 1. Contribuição deste estudo em relação aos trabalhos correlatos

Trabalhos	Dados Sensores	Autenticação contínua estática	Autenticação contínua dinâmica	Dispositivos não determinados	Acurácia maior que 95%	Aplicação bancária
(M. Temper, S. Tjoa, and M. Kaiser, 2015)	-	x	x	-	-	x
(A. Buriro, S. Gupta, and B. Crispo, 2017)	x	x	-	x	x	x
Este trabalho	x	x	x	x	x	x

3.1 Modelo de *Framework* para Autenticação Contínua

O modelo de *framework* utilizado para autenticação contínua, ilustrado na Figura 1, permite capturar as características dos usuários na interação com uma aplicação mobile via *touchscreen* tanto de forma estática, no instante de digitação da senha para efetuar o login, denominado Momento 1, quanto de forma dinâmica, na interação com a aplicação após o *login*, movimentos horizontais, verticais e toques, nomeado de Momento 2. Essas capturas são utilizadas para a geração de alertas de segurança caso a precisão de autenticação seja menor que 86% para o Momento 1 e menor que 89% para o Momento 2. Considera-se uma margem de 10% em relação à melhor precisão obtida para cada um dos momentos durante o experimento.

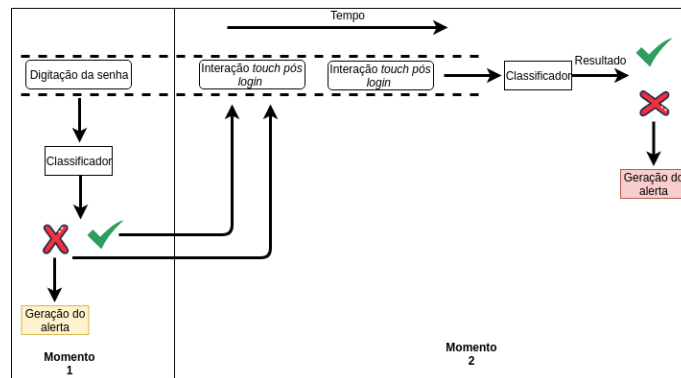


Figura 1. Visão macro do framework de autenticação contínua proposto

3.2 Objetivos do Estudo Experimental

O objetivo deste estudo experimental é investigar, em um ambiente simulado de uma aplicação bancária móvel, mais próxima do real, como as características da interação capturadas nos Momentos 1 e 2, podem ser utilizadas para autenticação contínua de um indivíduo. Para compor este objetivo maior, foram estabelecidas algumas perguntas de interesse:

1. Qual a quantidade mínima de interações necessárias para treino do modelo, tornando possível autenticar um usuário ao digitar uma senha?
2. Qual a quantidade mínima de interações necessárias para treino do modelo, tornando possível autenticar um usuário a partir da interação com uma aplicação após *login*?
3. O padrão de digitação e interação do usuário entre *logins* se mantém consistente?
4. As informações capturadas de sensores são realmente relevantes para a definição de um modelo de autenticação contínua baseada em biometria comportamental?

3.3 Experimento

Para a definição do comportamento biométrico na interação com o *touchscreen*, tanto no Momento 1 quanto no Momento 2, as características são capturadas por meio de uma aplicação Android, utilizando as APIs *MotionEvent* e *SensorEvent* conforme Tabela 2.

Tabela 2. Características coletadas no experimento

Característica	Método/atributo	Sensor
Tempo	<code>getTime()</code> , <code>getDownTime()</code>	—
Ação	<code>getAction()</code>	—
Pressão	<code>getPressure()</code>	—
Tamanho do dedo	<code>getSize()</code>	—
Coordenada x	<code>getX()</code>	—
Coordenada y	<code>getY()</code>	—
Velocidade angular ao redor do eixo x	<code>values[0]</code>	Acelerômetro
Velocidade angular ao redor do eixo y	<code>values[1]</code>	Acelerômetro
Velocidade angular ao redor do eixo z	<code>values[2]</code>	Acelerômetro

Além das características listadas na Tabela 2, o experimento incluiu características derivadas destas, como os intervalos de toques na tela, médias do tempo de pressionamento, média do tamanho do dedo e pressão, compondo ao todo 12 características avaliadas no Momento 1, e 14 para o Momento 2.

Para a captura das características foi desenvolvida uma aplicação *mobile* Android englobando as versões 5.0 a 9.0, considerando versões 21 a 28 da SDK. A aplicação foi composta de um fluxo de cadastro e três fluxos de serviços, cada um com duas telas, além da tela de digitação da senha e menu para a seleção do serviço. Considerou-se um total de 8 telas possíveis para a captura de características da interação *touch*, disponibilizadas comumente por uma aplicação bancária *online*, e em particular no caso deste trabalho, as funções de consulta de saldo, pagamento de boleto e transferência. Para o cadastro foi necessário informar uma senha de 6 a 8 dígitos.

Os usuários foram convidados a interagir com a aplicação durante dois dias, via *Firebase App Distribution*. Nesse período, 16 usuários participaram do experimento de forma anônima, com a aplicação gerando um identificador aleatório para cada um. Apenas 14 usuários forneceram dados suficientes para a geração de modelos. Foram capturados um mínimo de 25 *templates* por usuário, com pelo menos 6 interações com a aplicação. Os *templates* coletados foram armazenados em um *Firebase Realtime Database*.

Os aparelhos utilizados no teste foram: Xiaomi Redmi Pro, Motorola XT1635-02, Samsung GT-I9500, LG F670S, LG-M250, Nexus 6P, Motorola One, Xiami POCOPHONE F1, Xiaomi Pixel, Samsung SM-A305GT, Samsung SM-G530H, Samsung SM-G800H, Samsung SM-G930F, Samsung SM-G950F, Samsung SM-G955U, Samsung SM-G975F, Samsung SM-J500M, Xiaomi XT1925.

3.4 Resultados

Para a criação dos modelos foram avaliados 3 algoritmos de Aprendizado de Máquina diferentes: *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest* (RF) e *K-NearestNeighbors* (KNN), disponíveis na biblioteca *python scikit-learn*. Para cada um dos Momentos foi criado um modelo por usuário. Cada usuário teve um modelo treinado para a digitação da senha e outro para a interação *touchscreen* após *login*. A Tabela 3 mostra os resultados obtidos para autenticação no Momento 1 e para o Momento 2.

Para o Momento 1, foram necessários no mínimo 3 *templates* para treino do modelo utilizado na autenticação, obtendo-se uma precisão de 96% com o algoritmo RF, e EER de 3,57%. Para o Momento 2, foram necessários no mínimo 5 *templates*, resultando em uma precisão de 99% com o algoritmo RF e EER de 0%. O experimento se deu entre sessões e entre dias, mostrando que o reconhecimento do padrão de interação com a aplicação se mantém consistente neste período. O algoritmo com o melhor desempenho para ambos os Momentos de autenticação foi o RF. Entre as características consideradas mais importantes para os modelos criados pelo RF, pelo menos 2 das 3 características foram capturadas via acelerômetro, indicando que as

informações coletadas de sensores são determinantes na definição de um modelo de autenticação contínua baseada em biometria comportamental touch.

Tabela 3. Precisão média dos modelos nos 2 momentos avaliados

Algoritmos	Momento 1 – Digitação da senha	Momento 2 – Interação com aplicação pós login
	Acurácia	Acurácia
SVM	0,8116	0,8211
RF	0,9649	0,9943
KNN	0,9585	0,9592

4. CONCLUSÃO

Os resultados preliminares observados neste estudo experimental, permitiram obter 96% de acurácia média com EER de 3,57% para autenticação contínua estática, baseada no padrão de digitação de senha, e 99% com EER de 0% para autenticação contínua dinâmica, pós login. A autenticação contínua de usuários baseado no seu comportamento via interação *touchscreen* no uso de aplicações em *smartphones*, mostra-se promissora. É possível prever seu uso como forma de garantir um método de autenticação não intrusivo, sem custos adicionais de hardware, se aliada a outros métodos tradicionais de autenticação. O estudo ainda prevê a possibilidade de melhorar a experiência do usuário de aplicações financeiras, de uma forma implícita, além de gerar redução de gastos com fraudes baseadas em roubos de credenciais.

Como trabalhos futuros pretende-se incluir no modelo informações de contexto do usuário, incrementar as características com dados de outros sensores disponíveis no aparelho, ampliar o número de usuários, com a disponibilização do *framework* funcional *online* para fins de pesquisa na *Play Store Google Play*.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio das Agências brasileiras de pesquisa, desenvolvimento e inovação CNPq (Projeto INCT SegCiber 465741/2014-2), CAPES (Projetos FORTE 23038.007604/2014-69 e PROBRAL 88887.144009/2017-00) e FAPDF (Projetos UIoT 0193.001366/2016 e SSDDC 0193. 001365/2016) e ao Programa de educação continuada da Universidade Corporativa Banco do Brasil (UniBB), bem como o suporte do Laboratório LATITUDE/UnB (Projeto SDN 23106. 099441/2016-43), e as cooperações com o Ministério da Economia (TEDs DIPLA 005/2016 e ENAP 083/2016) e o Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (TED 002/2017).

REFERÊNCIAS

- A. Buriro, S. Gupta, and B. Crispo, 2017. Evaluation of motion-based touch-typing biometrics for online banking. In 2017 International Conference of the Biometrics Special Interest Group (BIOSIG). IEEE, Darmstadt, Germany, pp 15.
- A. Mahfouz *et al*, 2017, A survey on behavioral biometric authentication on smartphones. Elsevier Journal of information security and applications, vol. 37, pp. 28–37.
- D.-H. Shih, C.-M. Lu, and M.-H. Shih, 2015. A flick biometric authentication mechanism on mobile devices. in 2015 International Conference on Informative and Cybernetics for Computational Social Systems (ICSS). IEEE, Chengdu, China, pp. 31–33.
- L. Fridman *et al*, 2017. Active authentication on mobile devices via stylometry, application usage, web browsing, and gps location. IEEE Systems Journal, vol. 11, no. 2, pp. 513–521.
- L. Peotta *et al*, 2011. A formal classification of internet banking attacks and vulnerabilities. In International Journal of Computer Science & Information Technology, vol. 3, pp 186-197.
- M. Temper, S. Tjoa, and M. Kaiser, 2015. Touch to authenticate - continuous biometric authentication on mobile devices. 2015 1st International Conference on Software Security and Assurance (ICSSA). IEEE. Suwon, South Korea, pp. 30-35.
- P. S. The *et al*, 2016. A survey on touch dynamics authentication in mobile devices. In Elsevier, Computers & Security, vol. 59, pp 210–235.

MEJORAS EN LA RECOGIDA DE ENVASES RECICLABLES: PROYECTO IRIS 4.0

Jesús María Aransay Azofra, Víctor Galilea Martín y Inés Hernández
Universidad de La Rioja, España

RESUMEN

En este artículo presentaremos un sistema de información que gestiona y optimiza las rutas de los camiones de recogida de residuos plásticos en La Rioja. El punto de partida de este proyecto fue un conjunto de datos desestructurados que nos proporcionó "The Circular Lab" (<https://www.thecircularlab.com/en>). Estos datos contenían la información de las rutas que actualmente realizan los camiones. Con ellos fuimos capaces de generar nuestro propio modelo de datos estructurado y una aplicación conectada a software específico para la optimización de las rutas.

PALABRAS CLAVE

Programación Entera, Modelo de Datos, Sistema de Información, Planificación de Rutas, Recogida de Residuos, Optimización

1. INTRODUCCIÓN

La recogida de residuos es un servicio básico del que toda sociedad avanzada debe disponer, y además requiere una gran inversión de tiempo, combustible y recursos humanos. En el proyecto IRIS 4.0 (Intelligent Recycling Information System), ejecutado de manera conjunta entre la Universidad de La Rioja y The Circular Lab (laboratorio de ideas de Ecoembes, responsable de la recogida de residuos reciclables en España), se planteaban diversas actuaciones complementarias para identificar mejor los hábitos que influyen en las tasas de reciclaje de los ciudadanos, y en el desarrollo de un sistema de información que ayude en la organización de los procesos de recogida y separado de materiales en las plantas recicladoras.

En este trabajo nos vamos a centrar en el sistema de información que permite programar las rutas de recogida de envases. Para poder mejorar este servicio hemos modelizado matemáticamente el problema asociado al mismo usando instancias del problema del viajante (TSP) y sus derivados (VRP -- problemas de rutas de vehículos --, PVRP -- problemas de rutas de vehículo con periodicidad --). Se sabe que se trata de una familia de problemas NP-duros, y conforme va creciendo el número de puntos de recogida y de camiones disponibles el tiempo de cómputo de la solución óptima deja de ser razonable.

En nuestro caso particular, La Rioja es una región mayoritariamente rural, con unos 5000km² de superficie y más de 300000 habitantes. Aproximadamente la mitad de su población reside en la capital, Logroño, y el resto se encuentra distribuida en más de 120 núcleos de población repartidos por toda la superficie de la región. Puesto que las rutas inicialmente habían sido establecidas en base a la experiencia, consideramos que podía ser interesante resolver el problema (al menos aproximar soluciones al mismo) por medio de su formulación matemática, lo que podía suponer un ahorro para las arcas públicas y un beneficio para el medio ambiente al reducir el recorrido de los camiones. En nuestro caso de estudio el número de puntos de recogida asciende a más de 3000 distribuidos en los más de 120 municipios, con 5 vehículos disponibles y un único depósito, que representa el punto de inicio y fin de las rutas para todos los vehículos.

Nuestros datos de partida fueron ficheros csv, que contenían información sobre rutas concretas realizadas por camiones. Estos datos se recolectaron mediante dispositivos GPS integrados en los camiones, y aportaban los tiempos de paso del camión por cada contenedor. Para cada ruta realizada, estos ficheros contenían información sobre los puntos en los que el camión había parado a recoger, el tiempo total empleado y la distancia total recorrida. Nuestro objetivo es el de generar un sistema de información que sea lo suficientemente general como para poder ser utilizado en otros casos particulares de recogida de residuos. Solamente aportándole algunos datos básicos como las coordenadas de los diferentes puntos de recogida, las del depósito,

el número de vehículos disponibles y otros datos relativos a estos como el kilometraje máximo por ruta, la capacidad máxima... pretendemos que el sistema de información sea capaz primero, mediante llamadas a APIs de mapas como Google Maps u Open Street Maps (OSM), de generar una matriz con distancias/tiempos entre los diferentes puntos y usando solucionadores de programación lineal (Gurobi, CPLEX y OR-Tools) generar rutas que mejoren la distancia recorrida y/o el tiempo empleado por los camiones de recogida.

2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Se nos proporcionó como origen de datos unos ficheros en formato csv. Mediante un proceso de ETL tratamos estos ficheros. Pero para poder modelizar matemáticamente el problema necesitábamos conocer la distancia y/o el tiempo que separaba a cada par de puntos de recogida; para ello hicimos sucesivas llamadas a las APIs de Google Maps y OSM; como había diferencias considerables entre los resultados de estas dos APIs y Google Maps parecía ser la más acertada, al final consideramos usar solo los resultados de Google Maps. De este modo obtuvimos dos matrices de datos con aproximadamente 3000 filas y 3000 columnas. En la mismas, cada elemento [i, j] albergaba la distancia y el tiempo que hay entre los puntos de recogida i y j.

Después de este proceso de ETL quedó un modelo de datos cuyas colecciones principales se muestran en la Figura 1, con algunas colecciones que son meramente descriptivas como “locality” y otras como “DistanceMatrix” cruciales para el proceso de modelización y cálculo.

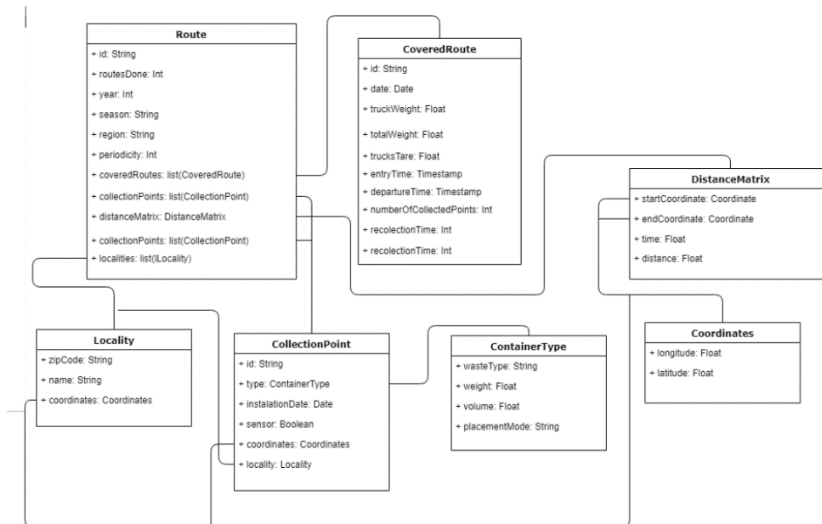


Figura 1. Diagrama DB

Hemos utilizado 2 motores de programación lineal, **Gurobi** y **Or-Tools**. OR-Tools, desarrollado por Google, ya implementa el modelo matemático del problema, mientras que en Gurobi lo hemos tenido que implementar (de hecho hemos implementado y comprobado varias modelizaciones posibles, ver sección 3). La arquitectura del sistema de información se pensó de manera modular, así que sería relativamente sencillo incorporar otros solucionadores (como, por ejemplo, CPLEX) al sistema, como se puede apreciar en la Figura 2. Para poder visualizar las rutas se desarrolló un cliente web con JS y el API de IDERioja (API desarrollada por la Comunidad de La Rioja que aporta servicios cartográficos de la región), que mostrara las rutas y un servidor Python que le aportara los datos necesarios.

En la siguiente figura se aprecia cómo quedó finalmente la arquitectura del sistema y sus módulos (recuperación de la información, almacenamiento, cálculo matemático y visualización).

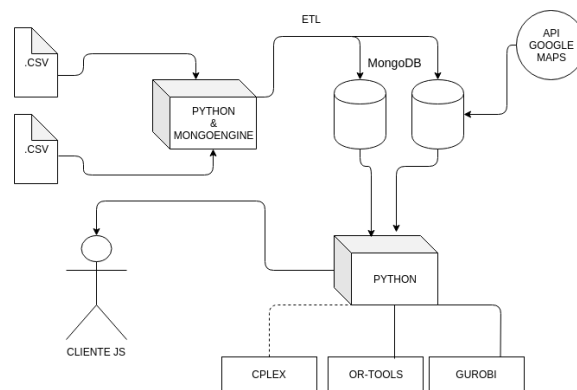


Figura 2. Arquitetura del Sistema

3. MODELADO MATEMÁTICO DEL PROBLEMA

Se decidiu analizar el problema desde 3 puntos de vista distintos que pasamos a enumerar:

- **Aplicar un ATSP**, o problema del viajante asimétrico (asimétrico puesto que la distancia entre los puntos i y j en algunos trayectos no es la misma que entre los puntos j e i). Se implementaron varias formulaciones distintas para modelizar el problema descritas en Öncan, T., Altinel K., Laporte, G., 2009. De entre las presentadas en este trabajo la que mejores resultados dio fue la formulación.
- **Aplicar un VRP**, o problema de enrutamiento de vehículos. De esta forma la complejidad de cómputo aumenta, pero a su vez también aumenta el margen de mejora total respecto a la primera opción. Lo que hicimos fue tomar todas las rutas que se realizan en un mismo día con todos los vehículos disponibles que hay y calcular nuevas rutas pasando por todos los puntos de recogida y utilizando todos los vehículos disponibles. Así cada punto queda recogido el mismo día, pero es posible que en una ruta diferente. Para modelar el problema nos hemos basado en las formulaciones presentadas en Toth, P., Vigo, D., 2014 (cap. 1 y 3).
- **Aplicar un PVRP**, o problema de enrutamiento de vehículos con periodicidad. Esta fase está todavía en proceso de desarrollo, es la que más costo computacional representa, pero la que mayor margen de mejora tiene, ya que el abanico de posibles rutas es mucho más amplio. Respetando la periodicidad con la que se visita cada punto se buscan rutas nuevas en días nuevos. Nos hemos basado en el modelado descrito en Francis, P., Smilowitz, K., y Tzur, M., 2005.

Estas diferentes formas de solución están puestas en orden de menor a mayor coste computacional y de menor a mayor margen de mejora. Por lo tanto, existe la posibilidad de que, si no se dispone de la suficiente potencia computacional, las soluciones mediante un TSP sean mejores que las que aporte el PVRP, aunque teóricamente no sea así.

4. RESULTADOS

En la gráfica de la Figura 3 se comparan para varias rutas los tiempos iniciales (rosa) con los tiempos obtenidos a través de las optimizaciones con la implementación del problema como TSP (azul) y como VRP (rojo). Se puede apreciar una buena mejora del TSP respecto de las rutas originales que nos facilitaron, pero al contrario de lo esperado, los tiempos del VRP son peores que los del TSP a causa de haber hecho los cálculos sin la suficiente potencia computacional. Por medio del TSP se ha conseguido una mejora media de un 30% en las 51 rutas que se realizan periódicamente a lo largo del año, lo que supone una reducción de unas 2400 horas anuales de los tiempos de recogida.

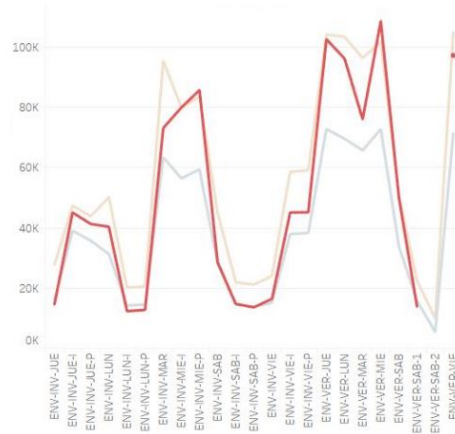


Figura 3. Resultados

5. FUTUROS PASOS

Nuestro primer objetivo es mejorar los tiempos del VRP respecto a los del TSP, para lo que necesitaremos una mayor capacidad de cómputo. Realizaremos los cálculos en un HPC para implementar las instancias del VRP y si se consiguieran mejorar los resultados, pasaríamos a implementar el PVRP.

Para la siguiente versión y con el fin de guardar un registro inquebrantable de los datos recolectados en la plataforma, mediante un SmartContract estos quedarán grabados en la cadena de bloques de Ethereum.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto IRIS 4.0, 2017-I-IDD-00057 de la Agencia de Desarrollo Económico de La Rioja y el programa europeo FEDER para La Rioja 2014-2020 y por el Plan de financiación de los grupos de investigación de la Universidad de La Rioja [REGI2018/52].

REFERENCIAS

2019. *Manual de Gurobi*. <https://www.gurobi.com/documentation/>.
2019. *Manual de OR-tools*. <https://developers.google.com/optimization/>.
- Baldacci, R., Toth, P., Vigo, D., 2009. Exact algorithms for routing problems under capacity constraints. *Annals of Operations Research*, Volume 175, Issue 1, pages: 213–245.
- Bautista, J., 2005. Modeling the problem of locating collection areas for urban waste management. An application to the metropolitan area of Barcelona. *Omega*, Volume 34, Issue 6, pages: 617-629.
- Dantzig, G. B., Thapa, M. N., 1997. *Linear Programming, 1: Introduction*. Springer.
- Eiselt, H. A., Sandblom, C.L. 2007. *Linear Programming and its Applications*. Springer.
- Francis, P.M., Smilowitz, K. R., y Tzur, M., 2005. The Period Vehicle Routing Problem and its Extensions. *Springer*.
- Öncan, T., Altinel K., Laporte, G., 2009. A comparative analysis of several asymmetric traveling salesman problem formulations. *Computers & Operations Research*, Volume 36, pages: 637 – 654.
- Pataki, G., 2003. Teaching Integer Programming Formulations Using the Traveling Salesman Problem. *SIAM Review*, Volume 45, Issue 1, pages:116-123.
- Roberti, R., Toth, P., 2012. Models and algorithms for the Asymmetric Traveling Salesman Problem: an experimental comparison. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, Volume 1, Issue 1–2, pages: 113–133.
- Toth, P., Vigo, D., 2014. *Vehicle Routing Problems, Methods and Applications*. Siam.
- Yurena, T., LLorente, A., 2014. Optimización de rutas de recogida de residuos en zonas mixtas urbana-rurales y orografía singular. *Universidad de la Laguna*.

DRA. LARA: ASSISTENTE VIRTUAL DE APOIO E ACOMPANHAMENTO AO PRÉ-NATAL

Laryssa Carvalho, Marianne Albuquerque, Rodrigo Nogueira, Johannes Lochter
*Departamento de Engenharia de Computação,
Centro Universitário Facens, Brasil*

RESUMO

Aproximadamente, 830 mulheres morrem por dia por causas evitáveis relacionadas à gestação, e apesar dos esforços para proporcionar acesso universal e de qualidade à saúde reprodutiva, esse problema ainda é um desafio em aberto. Este trabalho propõe utilizar um aplicativo para fazer o acompanhamento pré-natal como apoio ao médico da gestante para lembrá-la dos exames e responder perguntas frequentes que as gestantes têm. O mecanismo para tornar essa solução possível é um *chatbot* que processa as perguntas e as intenções da gestante com inteligência artificial e encontra respostas em uma base de conhecimento. As contribuições são a base de conhecimento curada e a implementação preliminar.

PALAVRAS-CHAVE

Pré-Natal, Chatbot, E-Health, Processamento de Linguagem Natural, Inteligência Artificial

1. INTRODUÇÃO

O pré-natal é o acompanhamento na área da medicina prestado à mulher durante o período da gestação com o objetivo de garantir a saúde da mãe e do bebê. Sendo assim, essa assistência tem papel fundamental na prevenção e detecção precoce de doenças que podem acometer tanto a gestante como o feto, reduzindo assim o risco de natimortos e de complicações durante a gravidez. Estima-se que, em 2015, 303 mil mulheres morreram por causas relacionadas à gravidez; 2,7 milhões de bebês morreram durante os 28 primeiros dias de vida; e 2,6 milhões de bebês eram natimortos (OMS, 2018).

A mesma pesquisa da Organização Mundial de Saúde (2018) aponta que, aproximadamente, 830 mulheres morrem por dia por causas evitáveis relacionadas à gestação e, embora esse número pareça alarmante, o número já foi mais expressivo e diminuiu em 40% entre 1990 e 2015.

Muitos esforços vêm sendo implementados mundialmente com o intuito de proporcionar acesso universal e de qualidade com atenção à saúde reprodutiva. No país, a cobertura pré-natal aumentou significativamente após a adoção do Programa Nacional Humanização do Pré-Natal e Nascimento, cuja principal estratégia é assegurar a melhoria do acesso, cobertura e qualidade da assistência ao pré-natal e parto (Rosa, 2014).

Com o avanço das tecnologias e a crescente adoção das pessoas na utilização de smartphones, este artigo propõe o emprego de assistentes virtuais (ou *chatbots*) como agentes conversacionais para incentivar e alertar as mulheres com relação à importância do pré-natal, assim como auxiliá-las durante esse período da gestação sanando as suas principais dúvidas. Com o uso de técnicas de processamento de linguagem natural e aprendizado de máquina, por meio de um aplicativo para dispositivos móveis, qualquer gestante poderá ter acesso à assistente inteligente Dra. Lara para conversar e ter ajuda durante essa etapa importante de suas vidas.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Com o avanço da tecnologia, os *smartphones* se tornaram um item imprescindível para a maioria da população e junto com eles vieram os aplicativos. Eles têm o intuito de facilitar cada vez mais a vida das pessoas desde tarefas simples do dia-a-dia, como a troca de mensagens até tarefas mais complexas, como compras *online* (Dino, 2018).

A tecnologia de chatbot tem sido usada para diferentes fins nas mais diversas áreas. Dentro da saúde e medicina voltada para mulheres é possível citar alguns exemplos, como os produtos Safedrugbot e Izzy. O chatbot Safedrugbot é voltado para a correta orientação sobre quais medicamentos a lactante pode utilizar, enquanto o chatbot Izzy auxilia a lembrar e identificar os períodos férteis, além de fornecer informações sobre ciclos menstruais e problemas sexuais.

Alguns outros produtos atuam de maneira híbrida oferecendo o suporte por texto para situações mais simples e problemas menos complexos, mas também oferecem a possibilidade de consulta com médicos reais, como Babylon Health e Gyant.

Apesar de serem inúmeras as soluções e propostas dentro da área da medicina e saúde que envolvem a aplicação de inteligência artificial para associar as necessidades dos pacientes com bases de conhecimentos médicos, buscas extensas conduzidas pelos autores não resultaram em nenhum tipo de *chatbot* que atuasse de forma ativa com os usuários, apenas de forma passiva. Os *chatbots* ficam disponíveis para responder perguntas e associar sintomas à doenças, mas não fazem perguntas, lembretes e nem tomam iniciativa de questionar o usuário. Esse trabalho apresenta um *chatbot* com características ativas, além dos recursos passivos implementados em outros produtos e soluções.

No intervalo de desenvolvimento desse trabalho, uma solução interessante encontrada foi a PROMPTS, que funciona a partir de mensagens de texto e foi capaz de atender mais de 11 mil mulheres em situações de risco no Quênia. Esse trabalho é o mais relevante e o mais próximo à proposta deste artigo e questiona a quantidade de esforço de processamento de linguagem natural que deve ser aplicada para entender as mensagens das gestantes, indo além de utilizar um conjunto de regras ou palavras-chave nas mensagens, estratégias empregadas por soluções voltadas para gestantes, tais como Nivi, Pregnancy Bot, Sophie Bot, Lily.Health e Ada.

Em *chatbots*, o processamento de linguagem natural juntamente com o aprendizado de máquina é utilizado para treinar o modelo, tornando-o capaz de entender as intenções do usuário e as entidades, que são as partes mais relevantes do texto. Além disso, essa combinação de tecnologias é responsável por treinar o modelo para saber qual ação deve ser tomada durante o fluxo da conversa (Kowatsch, 2017).

Neste trabalho, a proposta da Dra. Lara utiliza o *framework* Rasa (Bocklisch, 2017) para compreensão de linguagem natural e utiliza técnicas consideradas estado-da-arte como representação distribuída e vetorial, além de redes neurais recorrentes (Mikolov, 2010; Tai, 2015) para compreender as mensagens de texto sem depender de conjuntos de regras fixas ou sistemas léxicos (Wang & Manning, 2012).

3. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do *chatbot* Dra. Lara foi conduzido com acompanhamento de profissionais médicos para validar toda a base de conhecimento sobre gestação. Além disso, foi estudado o protocolo do Sistema Único de Saúde do Brasil para saber quais exames são recomendados de fazer conforme os diferentes estágios da gravidez (Tabela 1).

De maneira ativa, o *chatbot* Dra. Lara questionará a usuária sobre as datas dos exames e atendimentos, armazenando para o cadastro do usuário quais requisitos foram cumpridos. Na falta do cumprimento ou pendência, o *chatbot* voltará a lembrar o usuário em intervalos configurados sobre as necessidades e importâncias de realizar todas as exigências da cartilha.

Tabela 1. Relação de exames necessários durante a gestação

Quando deve ser feito	Exame
Assim que inicia o pré-natal	Sangue Urina Fezes Ultrassonografia intravaginal
1º Trimestre	Ultrassonografia de translucência nucal
2º Trimestre	Triagem de diabetes gestacional
3º Trimestre	Triagem de estreptococo beta-hemolítico Ultrassonografia do terceiro semestre

Uma coleção de 243 perguntas em português curadas por profissionais médicos também foi incluída na base de conhecimento do *chatbot* Dra. Lara para ter capacidade de responder às perguntas comuns que as gestantes normalmente querem saber, como a possibilidade de comer um determinado elemento ou riscos associados à prática de um determinado exercício. A coleção de perguntas é pública e está disponível em <https://github.com/marikell/dralaradados/blob/master/perguntas-respostas.csv>.

O *chatbot* foi preparado para conduzir rapidamente um questionário com novas usuárias de modo a coletar e entender em qual estágio da gestação a gestante está. Em seguida, a gestante pode fazer as perguntas que tiver curiosidade em ter resposta e, esporadicamente, o *chatbot* poderá perguntar e lembrar a usuária sobre exames, consultas e cuidados básicos de saúde.

Para tornar o funcionamento do *chatbot* possível foi planejada uma plataforma (Figura 1) consistindo de duas partes principais: *front-end* (cliente) e *back-end* (servidor). A linguagem de programação Python subsidia toda a implementação de servidor e comunicação entre o aplicativo no smartphone do usuário e o servidor onde os dados são armazenados e manipulados. Todo o sistema está organizado em contêineres do Docker para tornar a distribuição e o *deploy* mais simples.

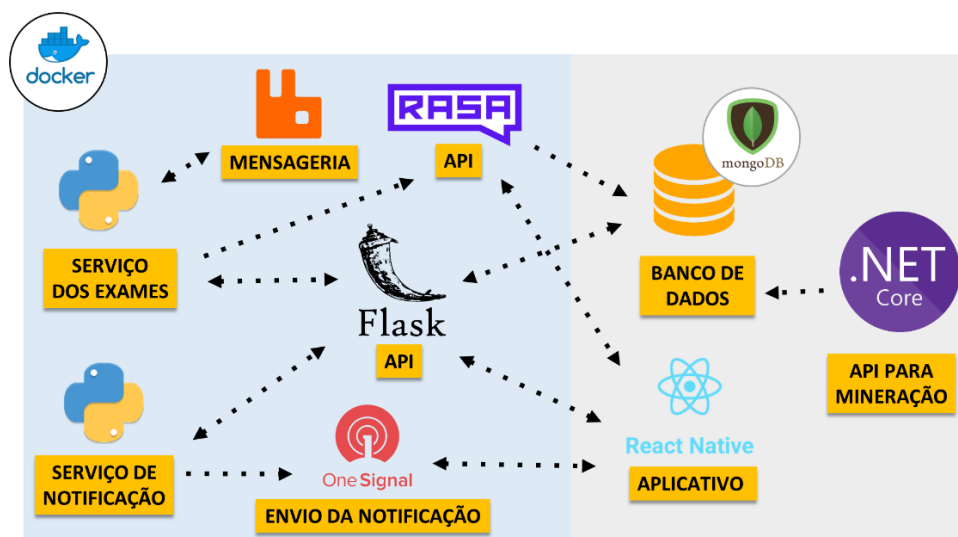


Figura 1. Diagrama da plataforma do *chatbot* Dra. Lara

A interface do aplicativo foi feita em React Native e algumas telas são apresentadas na Figura 2, na ordem: tela de conversação, tela de checklist dos exames nos períodos corretos da gravidez e tela de notificações com sugestões e dicas para a gestante usuária. O repositório com o código do desenvolvimento preliminar está disponível em <https://github.com/marikell/eve-platform>.

4. CONCLUSÃO PRELIMINARES E PRÓXIMOS PASSOS

O presente artigo traz a proposta de tratar o problema da mortalidade no pré-natal de causas tratáveis que acomete gestantes ao redor do mundo. O mecanismo proposto envolve a utilização de um aplicativo com capacidade de processamento de linguagem natural para entender as perguntas das gestantes e entregar respostas adequadas a partir de uma base de dados curada por profissionais médicos e da saúde.

Os próximos passos são tornar o aplicativo público nas principais lojas de aplicativos e coletar as informações para ser possível realizar a mineração de dados e tornar os dados públicos, porém anônimos, para mineração da gestão pública de saúde através de uma API.

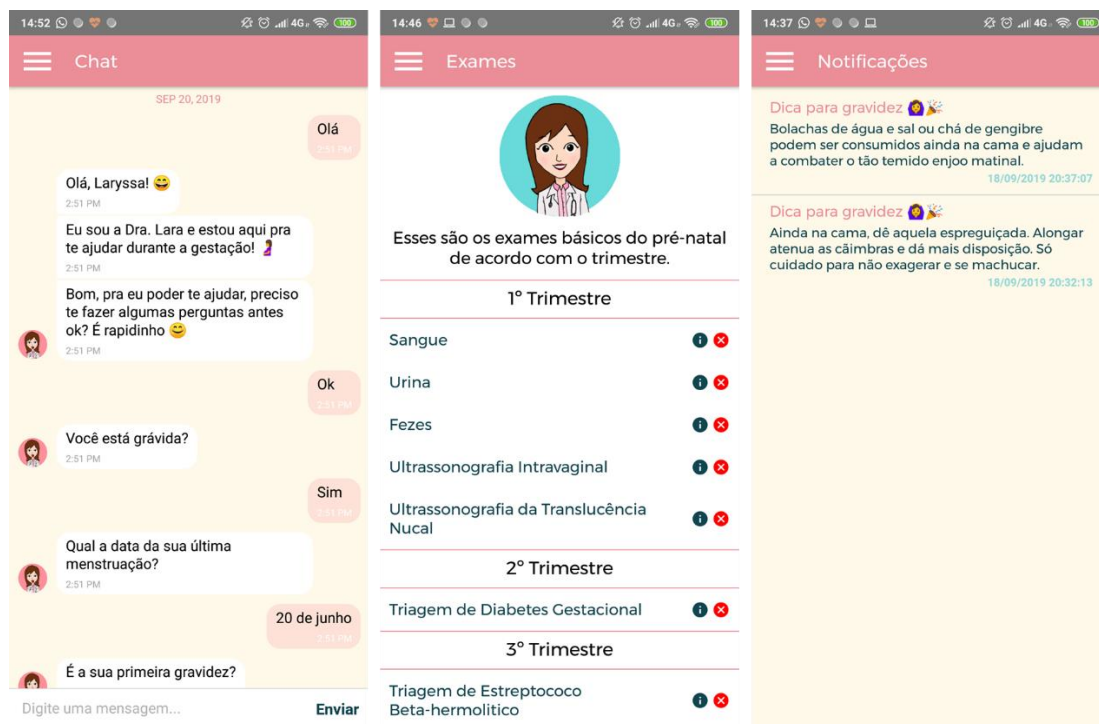


Figura 2. Algumas telas desenvolvidas do aplicativo e chatbot Dra. Lara

REFERÊNCIAS

- Bocklisch, T. et al., 2017. Rasa: Open Source Language Understanding and Dialogue Management. *In arXiv*, preprint arXiv:1712.05181.
- DINO, 2018. Avanço dos aplicativos no Brasil estimula startups e grandes empresas, acessado em 20 Setembro 2019, <<https://exame.abril.com.br/negocios/dino/avanco-dos-aplicativos-no-brasil-estimula-startups-e-grandes-empresas>>.
- Kowatsch, T. et al, 2017. Text-based Healthcare Chatbots Supporting Patient and Health Professional Teams: Preliminary Results of a Randomized Controlled Trial on Childhood Obesity. *In Persuasive Embodied Agents for Behavior Change (PEACH 2017) Workshop, 17th International Conference on Intelligent Virtual Agents (IVA 2017)*, Stockholm, Sweden.
- Mikolov, T. et al, 2010. Recurrent neural network based language model. *In Interspeech*, Vol. 2, No. 1, pp 3-7.
- OMS, 2018. Folha informativa – Mortalidade materna, acessado em 20 Setembro 2019, <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5741:folha-informativa-mortalidade-materna&Itemid=820>.
- ROSA, C. Q. et al, 2014. Fatores associados à não realização de pré-natal em município de grande porte, *In Revista de Saúde Pública*, Vol. 48, No. 6, pp.977-984.
- Tai, K. S. et al, 2015. Improved semantic representations from treestructured long short-term memory networks. *In arXiv*, preprint arXiv:1503.00075.
- Wang, S. & Manning, C. D., 2012. Baselines and bigrams: Simple, good sentiment and topic classification. *In Proceedings of the 50th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: Short Papers*, Vol. 2, No. 1, pp 90–94.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SATISFACCIÓN DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE GRADO AL HACER USO DEL ENTORNO VIRTUAL DE APRENDIZAJE SAKAI. ANÁLISIS UTILIZANDO EL MODELO DE ACEPTACIÓN TECNOLÓGICA TAM EXTENDIDO

Antonio Paños Álvarez¹ y Carolina López Nicolás²

Departamento de Organización de Empresas y Finanzas, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Murcia, España

¹+34 868887237

²+34 868883762

RESUMEN

El estudio analiza la influencia del apoyo técnico, la utilidad percibida, la facilidad de uso y la interrelación con los contenidos digitales, como determinantes del desempeño percibido (rendimiento) de alumnos universitarios de Grado de la asignatura de Administración de Empresas al utilizar el entorno virtual de aprendizaje SAKAI como herramienta de innovación docente y de mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje de dichos alumnos. En el estudio realizado sólo 3 factores afectan positiva y significativamente el rendimiento, siendo el más influyente la utilidad percibida. La interrelación con los contenidos digitales no resultó significativa.

PALABRAS CLAVE

Innovación Educativa, Entorno Virtual de Aprendizaje, Universidad, SAKAI

1. INTRODUCCIÓN

El uso de entornos virtuales de aprendizaje se ha extendido entre las universidades de todo el mundo (Ong et al., 2017), aunque la investigación sobre su uso a día de hoy es aún limitada y está en curso (Attardi y Rogers, 2015). Como se comenta en su página web, el proyecto SAKAI es un sistema LCMS (Learning Content Management System) que integra a más de 4 millones de usuarios educativos en actividades de enseñanza-aprendizaje e investigación. Las últimas versiones de SAKAI contienen múltiples herramientas y mecanismos de comunicación (Bainbridge et al., 2015) como por ejemplo: mensajes, recursos, tareas, foros, exámenes, evaluaciones, correcciones, videos, enlaces web, tests, lessons builder, etc. Esta diversidad de aplicaciones permite que las aulas virtuales basadas en SAKAI faciliten la implementación de metodologías docentes innovadoras como la clase invertida, la enseñanza basada en la evidencia y otras (McLaughlin & Rhoney, 2015; Ong et al., 2018).

Investigaciones anteriores se han centrado en analizar la aceptación de nuevas tecnologías aplicadas a la docencia en el entorno virtual Moodle (Arteaga y Duarte, 2010) o en cursos universitarios online (Kuo et al., 2014). La mayoría de estos estudios (por ejemplo, Cheng, 2011 o Arteaga y Duarte, 2010) coinciden en plantear modelos teóricos basados en el Technology Acceptance Model (TAM) de Davis et al. (1989) y sus sucesivas ampliaciones en trabajos como los de Arteaga y Duarte (2010) o Cheng (2011).

El proyecto SAKAI que se inició en las Universidades de Michigan e Indiana y se consolidó con la Fundación Mellon en 2004, está presente en más de 100 universidades en todo el mundo. En España la plataforma SAKAI está presente en universidades como la Complutense de Madrid, la Oberta de Catalunya y en la Universidad de Murcia, de aquí nuestro interés en analizar el entorno virtual SAKAI. Las características y recursos de las plataformas Moodle y SAKAI en sus versiones más recientes son similares (Arnaldos et al., 2015), pero, sin embargo los estudios sobre esta plataforma son más escasos que para el caso de otras como Moodle.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ESTUDIO

A partir de la literatura existente, nuestra investigación plantea y valida empíricamente un modelo basado en el TAM introducido por Davis et al. (1989). El modelo TAM, ampliamente consensuado y su versión posterior TAM2 (Venkatesh y Davis, 2000), explican la aceptación y uso de tecnologías de la información con base en la Teoría de la Acción Razonada (Fishbein y Ajzen, 1975) y establece la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida como variables explicativas. Estudios más recientes y centrados en el ámbito de la educación universitaria, han ido extendiendo el modelo e incorporando otras variables explicativas, como el soporte técnico (Ngai et al., 2007; Arteaga y Duarte, 2010) o la interacciones del estudiante con los contenidos digitales (Kuo et al., 2014). En este estudio se introduce otro paradigma, la satisfacción del usuario definido a partir del desempeño percibido (perceived performance) como variable dependiente (Mckinney et al., 2002), en lugar de la actitud hacia el uso de la tecnología. Nuestro modelo trata de explicar la utilización del aula virtual SAKAI entre los alumnos de una universidad española a partir de cuatro factores determinantes: apoyo técnico (technical support), interacciones del estudiante con los contenidos (learner-content interactions) utilidad percibida (perceived usefulness) y facilidad de uso (perceived ease of use).

3. METODOLOGÍA

Las hipótesis planteadas se contrastan empíricamente en una muestra de 114 estudiantes de la asignatura de Administración de Empresas de primer curso de los Grados en ADE y en Comunicación Audiovisual en la Universidad de Murcia. Las herramientas docentes tecnológicas utilizadas por ambos grupos en el Aula Virtual SAKAI son recursos (repositorio de documentos), mensajes, tareas, foros, enlaces web y calificaciones. El cuestionario es online y contiene escalas de medida de las variables del estudio extraídas de investigaciones anteriores: desempeño percibido de Cheng (2011), interacciones con los contenidos de Kuo et al. (2014) y las restantes (apoyo técnico, utilidad percibida y facilidad de uso) de Arteaga y Duarte (2010). El análisis factorial y el alfa de Cronbach indican que las medidas utilizadas son válidas y fiables, salvo para el caso de las interacciones del estudiante con los contenidos del aula virtual (α de Cronbach < 0,8). Por ello, se descartó la inclusión de este factor en el modelo. El análisis factorial de componentes principales y rotación Varimax (Tabla 1) confirmó 4 factores (varianza explicada=67,18%), que coinciden con los cuatro constructos (desempeño percibido, apoyo técnico, utilidad percibida y facilidad de uso) y cada ítem presenta fuertes cargas solo en su factor. Los índices de alfa de Cronbach superan ampliamente el nivel de 0,8.

Tabla 1. Resultados del análisis factorial y fiabilidad

Matriz de componente rotado ^a				
	Factor			
	Utilidad percibida $\alpha=0,87$	Apoyo técnico $\alpha=0,82$	Facilidad de uso $\alpha=0,84$	Desempeño percibido $\alpha=0,82$
1. El Aula Virtual proporciona asistencia cuando hay un problema técnico		0,739		
2. En el Aula Virtual existe una atención en línea disponible en todo momento		0,707		
3. En el Aula Virtual se pueden hacer consultas por correo electrónico cuando existe un problema técnico		0,776		
4. En el Aula Virtual se pueden hacer consultas a través de la propia web cuando existe un problema técnico		0,792		
5. En general, opino que el Aula Virtual ofrece un buen soporte técnico		0,697		
6. El Aula Virtual me ayuda a aprender con más facilidad	0,596			
7. El Aula Virtual mejora mi rendimiento académico	0,865			
8. El Aula Virtual hace que mi aprendizaje de la asignatura sea más eficaz	0,771			
9. El Aula Virtual hace que aprender en la Universidad sea más fácil	0,778			

10. El Aula Virtual me da más control sobre mi proceso de aprendizaje de la asignatura	0,659			
11. En general, considero, que el Aula Virtual es ventajosa para mi aprendizaje de la asignatura	0,653			
12. Aprender a usar el Aula Virtual es fácil			0,867	
13. Es fácil conseguir los materiales desde el Aula Virtual			0,826	
14. El proceso de uso del Aula Virtual es claro y comprensible			0,880	
15. Utilizo con éxito el Aula Virtual para mejorar la efectividad de mi trabajo como estudiante				0,834
16. Utilizo con éxito el Aula Virtual para mejorar mi trabajo				0,798
17. Estoy satisfecho del efecto del Aula Virtual sobre mi rendimiento académico				0,616
Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser. Varianza explicada = 67,18%				

4. RESULTADOS

Los análisis de la varianza ANOVA) por género del estudiante y por razón de la titulación no encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables. Los resultados de la regresión lineal múltiple (Tabla 2) demuestran que el desempeño percibido por los alumnos universitarios que utilizan el aula virtual SAKAI viene explicado significativamente por las tres variables planteadas. En concreto, la utilidad percibida es el factor más determinante, seguido del apoyo técnico y la facilidad de uso.

Tabla 2. Resultados de la regresión lineal múltiple

Variable dependiente= desempeño percibido	Coefficientes estandarizados	t	Sig.
	Beta		
(Constante)		2,153	0,033
Apoyo técnico	0,204	2,652	0,009
Facilidad de uso	0,169	2,338	0,021
Utilidad percibida	0,525	6,885	0,000
R2 ajustado= 0,426			

5. DISCUSIÓN

Este estudio presenta como innovación el análisis novedoso del uso del aula virtual SAKAI, que actualmente se utiliza en la Universidad de Murcia y que en su versión más reciente es similar a Moodle en sus características, para realizar un estudio inicial del efecto del apoyo técnico, utilidad percibida y facilidad de uso sobre el desempeño percibido para el caso de estudiantes universitarios españoles como medida de su satisfacción. Basándose únicamente en el modelo TAM, estudios anteriores han analizado la influencia del apoyo técnico, utilidad percibida y facilidad de uso de la herramienta Moodle sobre la actitud hacia su uso (Arteaga y Duarte, 2010) o bien sobre su satisfacción en cursos online (Kuo et al., 2014). Este trabajo estudia un modelo basado en TAM y complementado con otras teorías como la de satisfacción del usuario web que viene definida, entre otros factores, por el desempeño percibido (Mckinney et al., 2002).

Los resultados de este estudio demuestran que el rendimiento percibido por los alumnos al utilizar el campus virtual SAKAI está determinado de manera positiva y significativa por, en primer lugar, la utilidad percibida, seguido del apoyo técnico suministrado por la universidad y la facilidad de uso. El efecto de las interacciones del estudiante con los contenidos digitales del aula virtual no ha resultado significativo, ya que el constructo no presentaba niveles de fiabilidad aceptables (α de Cronbach < 0,8) y su inclusión no mejoraba ni la varianza explicada ni el R2 ajustado del modelo.

No queremos terminar sin poner de manifiesto que este trabajo y los resultados expuestos presentan ciertas limitaciones y sesgos debido a la muestra usada y a las limitaciones del paper presentado (short

paper), pero se trata de un estudio inicial y preliminar del modelo que se irá ampliando en posteriores análisis. El estudio además se centra en la plataforma SAKAI, por propio interés del equipo, pues actualmente es la plataforma utilizada en la Universidad de Murcia.

REFERENCIAS

- Arnaldos, F., Faura, U., Lafuente, M., López, F. A., Silvia, M., Ruiz, M. (2015). Frecuencia de uso de las plataformas virtuales de enseñanza. Una comparación Moodle versus Sakai en los estudios de perfil económico. *Revista de Investigación en Educación*, 13 (1), 69-87.
- Arteaga-Sánchez, R. & Duarte-Hueros, A. (2010). Motivational factors that influence the acceptance of Moodle using TAM. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1632-1640.
- Attardi, S. M., & Rogers, K. A. (2015). Design and implementation of an online systemic human anatomy course with laboratory. *Anatomical Sciences Education*, 8(1), 53-62.
- Bainbridge, J., Melitski, J., Zahradnik, A., Lauría, E. J., Jayaprakash, S., & Baron, J. (2015). Using learning analytics to predict at-risk students in online graduate public affairs and administration education. *Journal of Public Affairs Education*, 247-262.
- Cheng, Y. M. (2011). Antecedents and consequences of e-learning acceptance. *Information Systems Journal*, 21(3), 269-299.
- Chun-Kuo, Y.; Walker, A.; Schroder, K.; Belland, B. (2014). Interaction, Internet self-efficacy, and self-regulated learning as predictors of student satisfaction in online education courses. *Internet and Higher Education*, 20(1), 35-50.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982-1003.
- Fishbein, M. & Azjen, I. (1975). Belief, attitude, intentions and behaviour: An introduction to theory and research. Boston: Addison-Wesley.
- Kuo, Y. C.; Walker, A. E.; Schroder, K. E. & Belland, B. R. (2014). Interaction, Internet self-efficacy, and self-regulated learning as predictors of student satisfaction in online education courses. *Internet and Higher Education*, 20, 35-50.
- McKinney, V., Yoon, K., & Zahedi, F. M. (2002). The measurement of web-customer satisfaction: An expectation and disconfirmation approach. *Information Systems Research*, 13(3), 296-315.
- McLaughlin, J. E., & Rhoney, D. H. (2015). Comparison of an interactive e-learning preparatory tool and a conventional downloadable handout used within a flipped neurologic pharmacotherapy lecture. *Currents in pharmacy teaching and learning*, 7(1), 12-19.
- Ngai, E. W.; Poon, J. K. & Chan, Y. H. (2007). Empirical examination of adoption of WebCT using TAM. *Computers and Education*, 48 (2), 250-267.
- Ong, T., Normand, M. P., & Schenk, M. J. (2018). Using equivalence-based instruction to teach college students to identify logical fallacies. *Behavioral Interventions*, 33(2), 122-135.
- Venkatesh, V. & Davis, F. D. (2000). Determinants of perceived ease of use: integrating control, intrinsic motivation and emotion into technology acceptance model. *Information Systems Research*, 11 (4), 342-365.

BLOCKCHAIN PARA OPERAÇÕES INTERBANCÁRIAS

Raphael Alves Bruce, Rafael Timóteo de Sousa Júnior, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça,
João Paulo Pimentel, Maristela Terto de Holanda e Francisco Lopes de Caldas Filho
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE) - Universidade de Brasília, Brasília, Brasil

RESUMO

O blockchain surgiu como a principal tecnologia utilizada pelas criptomoedas e rapidamente teve seu uso considerado em várias outras soluções devido a transparência, disponibilidade, segurança e descentralização. Tais características motivam seu uso como solução para operações interbancárias em substituição às interface legadas baseadas no processamento em lote de transações enviadas por arquivos. Esse artigo apresenta um modelo de blockchain de consórcio que adapta mecanismos do blockchain do Bitcoin superando seus problemas de escalabilidade, segurança, *throughput* e privacidade. No modelo proposto, segurança e privacidade são garantidas pelo modelo federado e por soluções da camada de autenticação, escalabilidade é feita por mecanismo de consenso customizado menos oneroso, e desempenho é alcançado pelo design do processo de transações otimizado para o contexto de uso.

PALAVRAS-CHAVE

Blockchain de Consórcio, Operações Interbancárias

1. INTRODUÇÃO

Várias entidades financeiras realizam diariamente operações entre si e que são comunicadas a uma autoridade central, a qual garante o funcionamento do sistema como um todo. A maioria dessas transações são comandadas de forma online, mas sua efetivação só acontece várias horas depois, após o processamento em lote das transações de determinado produto, o que geralmente ocorre fora da janela habitual de atendimento comercial.

O mecanismo de interface mais comum entre instituições bancárias envolve os arquivos sequenciais. Assim, as transações de determinado produto vão sendo realizadas durante uma determinada janela de horário comercial, para serem agrupadas em um arquivo de interface a ser transmitido para outra instituição, que fará o processamento de cada transação aplicando as regras de negócio relacionadas e enviará um outro arquivo de retorno com o resultado desse processamento à instituição de origem.

As operações interbancárias funcionam em sua maioria utilizando soluções legadas em que cada nó participante da operação negocial possui sua base de dados, sendo a transparência da operação muito baixa visto que as regras de processamento são mantidas de forma centralizada por cada unidade processadora. Dessa maneira, os mecanismos atuais de operações interbancárias são entraves para auditoria constante, verificação de conformidade permanente, efetivação imediata do serviço contratado, transparência das ações de contratação e economia dos valores gastos com as verificações pela autoridade central.

2. REVISÃO SOBRE BLOCKCHAIN

O cenário de interface de sistemas entre empresas, entidades financeiras e órgãos reguladores para execução de um fluxo de negócio compartilhado de determinado produto é bastante comum, sendo urgente a interoperabilidade por meio de soluções altamente disponíveis, garantindo imutabilidade dos dados compartilhados, escalabilidade e desempenho, privacidade dos dados pessoais, auditoria e rastreabilidade (L. Adrian et al, 2018).

No blockchain o principal modelo de referência é o Bitcoin. Se trata de uma criptomoeda cujo o blockchain funciona como um banco de dados distribuído (sem autoridade central), no qual os registros são mantidos em blocos vinculados como uma cadeia, conhecida como livro-razão, em que cada bloco contém, pelo menos, o

hash criptográfico do cabeçalho do bloco anterior, o *timestamp* atual e o *hash* das transições registradas, (N. Satoshi, 2008).

O blockchain do Bitcoin é público, pois pode ser acessado por qualquer pessoa que baixe seu livro-razão. Foi estabelecido com a intenção de obter confiança nas interações dos participantes de uma rede distribuída pelo consenso da maioria dos nós e pela transparência do processo. Assim, as cópias ficam distribuídas nos participantes da rede e a persistência dos blocos da cadeia ocorre após um processo de verificação oneroso utilizando o mecanismo de prova de trabalho (N. Satoshi, 2008). O blockchain do Bitcoin possui as seguintes características: transparência, consenso, disponibilidade, segurança e descentralização. Seus respectivos detalhes podem ser observados em (K. Akanksha et al, 2018).

2.1 Discussão sobre Blockchain para Operações Interbancárias

A discussão visa fundamentar alguns pontos de utilização do blockchain de forma a se ter uma solução para as operações interbancárias entre entidades financeiras com alta disponibilidade, baixa latência, auditoria constante e sem a necessidade de validação por órgão terceiro.

O blockchain do Bitcoin apresenta qualidades contundentes como solução tecnológica, porém, ainda assim, os mesmos mecanismos que proporcionam as qualidades anteriormente identificadas geram desvantagens, entre as quais: falta de escalabilidade, consumo excessivo de tempo, alto custo computacional, excessiva replicação de dados, alta latência, questões com tamanho e largura de banda. A falta de escalabilidade e a excessiva replicação advêm da necessidade de manter a cadeia em cada nó para participar da rede, pois a capacidade de armazenamento e poder computacional exigidos dos membros da rede acaba sendo muito grande conforme seu crescimento (Z. Zibin, 2018).

O consumo excessivo de tempo e processamento advém do mecanismo de prova de trabalho, que consome bastante tempo e poder de processamento para resolução dos cálculos criptográficos envolvidos no processo de *hashing*. Já a alta latência ocorre pela natureza da cadeia que exige serialização na inserção de registros e pela complexidade no mecanismo de consenso. E as questões com relação ao tamanho e largura de banda estão relacionadas às definições arbitrárias da solução quanto ao tamanho do bloco de até 1 Mb e a latência de um bloco a cada 10 minutos, limitando o número de transações à média de 500 por bloco (I. Eyal et al, 2016).

O blockchain é uma alternativa às soluções tradicionais de operações interbancárias, para que as instituições possam compartilhar bancos de dados distribuídos, ou seja, o livro-razão de determinados produtos. Em um contexto que não há confiança entre as partes, mas que as transações são verificadas pela solução compartilhada de forma transparente, sem a necessidade de validação por uma autoridade reguladora, a qual, caso exista, pode ser apenas comunicada sobre as operações ou acessar ao blockchain para auditoria e monitoramento.

Assim, diminui-se os pontos de possibilidade de falha nas operações interbancárias e gera-se economia pela redução do desenvolvimento de soluções para processar as transações em cada nó das interfaces e pela possível dispensa ou renegociação dos termos de atuação da entidade verificadora.

3. DESCRIÇÃO BÁSICA DO MODELO

No modelo proposto, a primeira questão a ser considerada é a governança geral da blockchain, que pode ser pública, privada ou híbrida (também é conhecida como de consórcio ou de comunidade), considerando a característica de permissão que os nós participantes da rede possuem (T. Paolo, 2017).

Uma solução para realizar operações interbancárias deve utilizar a blockchain de consórcio, em que os nós participantes serão as instituições que entrarem em acordo para compartilhar a rede. Neste caso, apenas as corporações que façam parte do consórcio da blockchain terão permissão de gravação na cadeia. É um contexto em que há um certo nível de confiança devido ao acordo jurídico para atingir o interesse comum de compartilhar um fluxo negocial visando lucro, porém a confiança não é total.

Como a blockchain de consórcio não é uma rede totalmente pública, não há necessidade dos processos de mineração, prova de trabalho e recompensa (G. Dominique, 2017). A blockchain de consórcio ainda permite a definição de tamanhos de blocos e cadeias, participantes da determinação do consenso, graus de permissão e procedimentos de paralelização. Como os participantes da rede estão em consórcio, soluções onerosas de *hash* podem ser substituídas por camadas e controles de acesso que se adaptam às necessidades das empresas, aumentando a segurança, a escalabilidade e a privacidade. Ainda prevê-se o uso de *smart contracts* (programas

imutáveis implantados e executados de forma descentralizada no blockchain, para a implementação de diretrizes que atendam às necessidades do consórcio).

Neste modelo de consórcio deve haver ainda uma entidade auditora, que não seja controlada por nenhuma das empresas participantes do acordo, mas constituída ou outorgada por elas. O papel de auditoria pode ser realizado pela implementação de *smart contracts* que executem as regras de conformidade e monitoramento. Esta realização é importante para evitar que participantes legítimos do consórcio executem ou promovam acordos paralelos para a realização de ações fraudulentas.

O modelo de blockchain de consórcio ainda possui a vantagem de ter um número reduzido de participantes em comparação ao blockchain público e não depender de uma autoridade central como o blockchain privado, sendo a responsabilidade de verificação das transações dividida entre participantes que se conhecem e estão em acordo. Assim, esta abordagem apresenta as seguintes vantagens: a) mais velocidade nas transações, pois os procedimentos de verificação podem ser realizados em paralelo por um conjunto autorizado de nós; b) maior escalabilidade pela paralelização e ausência de disputa entre os nós para participar; e c) menos gasto de tempo e poder computacional, já que não é responsabilidade do procedimento de verificação se preocupar com ataques de segurança, uma vez que os nós participantes foram validados e autorizados. Esta responsabilidade pode ser garantida pela entidade auditora, mantendo *smart contracts* para garantir que apenas entidades autorizadas, ou seja, participante do consórcio, insira registros na cadeia.

Neste modelo, o mecanismo de verificação das transações não depende da prova de trabalho e pode ser realizada por protocolo do tipo *Practical Byzantine Fault Tolerance* (PBFT), que é um algoritmo de *Byzantine Fault Tolerance* (BFT) que alcança consenso em três rodadas de troca de mensagens entre os nós, garantindo que $3N+1$ dos nós possam obter consenso também na presença de N nós bizantinos. Entende-se que algoritmo BFT conhecido como prova de autoridade é mais indicado para blockchain de consórcio, pois requer menos troca de mensagens. Os algoritmos de prova de autoridade contam com um conjunto de N autoridades certificadas, sendo que uma delas é eleita líder de determinada rodada de consenso, para transmitir um ciclo de mensagens para obter consenso por $N/2+1$. Assim, a disponibilidade é aprimorada e a consistência é eventual, nos casos de indisponibilidade de um número maior que o limite para atender contextos bizantinos ou da recorrência de indisponibilidade do líder da rodada, mas isso pode ser aprimorado com a implementação de *smart contracts*, evitando possíveis ramificações na rede após sua ocorrência. Finalmente, usando um protocolo BFT é alcançado o consenso determinístico, para que as transações sejam imediatamente confirmadas ou rejeitadas a partir do blockchain (A. Stefano, 2018).

Outra possibilidade interessante é a de substituir a *Merkle Tree* do Bitcoin (N. Satoshi, 2008) como estrutura de dado do cabeçalho do bloco pelo *Practical Algorithm To Retrieve Information Coded In Alphanumeric (Patricia) Merkle Tree*, que tem a vantagem de ser mais flexível ao permitir a verificação de ramos específicos da árvore, invés de verificação de um ramo de cada nível como o *Merkle Tree*. Isso dá liberdade de estabelecer processos mais ou menos rígidos conforme a quantidade de ramos selecionados no processo de verificação, de acordo com a relação de confiança entre os membros do consórcio, quanto maior a desconfiança, mais rígida a implementação de verificação do *Patricia Merkle Tree*.

Outra implementação que ajuda na escalabilidade e no alto desempenho da resposta é tornar os limites de tamanho e largura de banda dos blocos customizados. Essa abordagem pode ser usada ainda para definir o limite por número de usuários e o limite por número de nós participantes, tornando o consenso mais fácil ou difícil de alcançar, dependendo da regra de negócios atendida.

Existem várias pesquisas que exploram problemas com ataques de segurança (K. Akanksha et al, 2017). No entanto, esses ataques iminentemente não afetam o blockchain de consórcio, uma vez que não é aberto a qualquer participante, mas ainda assim deve haver uma preocupação com os nós perversos. Logo, para comunicação, a blockchain de consórcio deve confiar em seu sistema *Public Key Infrastructure* (PKI), tendo cuidado com os ataques de alguns adversários, como por exemplo, comprometimento da autoridade certificadora sem detecção, emissão de certificado não autorizado para domínio malicioso e status de revogação de certificado não autêntico.

A blockchain de consórcio proposta adota um modelo federado para credenciamento dos participantes, que devem ser autenticados em uma camada de segurança usando o padrão OAuth 2.0 (D. Hardt, 2012). Esse processo complementará o conceito de sindicalização, pelo qual uma autoridade central ou colegiada é capaz de interpretar o modelo federado para extrair informações significativas e implementar diretivas de regulamentação para executar a proteção da rede. O modelo federado é recomendado para blockchain de consórcio, pois é um padrão de arquitetura corporativa, permitindo a interoperabilidade e o compartilhamento de informações entre linhas de negócios e sistemas de tecnologia da informação.

O modelo proposto deve adotar em sua camada de segurança uma proteção contra *smart contracts* com intenção fraudulenta por duas diretrizes complementares: a) adotar um controle intensivo e um monitoramento exaustivo com relação à implantação de *smart contracts* no blockchain, tornando este processo o mais transparente possível; e b) manter *smart contracts* de auditoria, buscando possíveis ações fraudulentas efetuadas pelos participantes mal-intencionados, considerando os parâmetros definidos pelo consórcio. O monitoramento da rede é fundamental e as diretrizes de segurança devem ser adaptáveis considerando as ações executadas pelos nós para que um protocolo seja aplicado em circunstâncias normais e um mais rígido seja ativado para os nós que estão agindo longe de seus parâmetros normais.

Dada a governança mais centralizada da blockchain de consórcio e sua natureza menos exposta, a privacidade não é problema urgente, mesmo assim, é recomendado na implementação do modelo proposto um mecanismo que estabeleça o grau de anonimato para cada registro da blockchain, especificando quem pode acessar o quê, o que significa, que as informações só estarão disponíveis após a aprovação pelos nós competentes e a validação das credenciais, em um modelo federado que possui autenticação descentralizada fornecida pela autoridade de certificação do consórcio.

4. CONCLUSÃO

O modelo proposto busca melhorar escalabilidade, segurança, *throughput* e privacidade, e apresenta várias vantagens sobre o processo legado das operações interbancária, garantindo transparência, autonomia no monitoramento e verificação, disponibilidade, rastreabilidade e colaboração. Vantagens que refletem em redução de custos pelo compartilhamento da solução e a dispensa da verificação por terceiros, além da diminuição do trabalho de *backoffice* exigido pelas soluções legadas, que exigem vários processos de conformidade no acompanhamento das operações interbancárias e seus reflexos.

Pontos que devem ser observados em trabalhos futuros são as definições dos limites dos participantes do processo de validação das transações para ser o mais eficiente possível e a utilização dos *smart contracts* como auditores de blockchain de consórcios.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio das Agências brasileiras de pesquisa, desenvolvimento e inovação CNPq (Projeto INCT em Segurança Cibernética 465741/2014-2), CAPES (Projeto FORTE 23038.007604/2014-69 e PROBRAL 88887.144009/2017-00) e Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal FAPDF (Projetos UIoT 0193.001366/2016 e SSDDC 0193.001365/2016) e do CCA-BR (Centro de Computação da Aeronáutica de Brasília) juntamente ao ComDeCiber (Comando de Defesa Cibernética), bem como do Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (TED 002/2017) e do Laboratório LATITUDE/UnB (Projeto SDN 23106.099441/2016-43).

REFERÊNCIAS

- Adrian, L. et al, 2018. Predicts 2019: Blockchain Business. *December's Gartner Release*.
- Akanksha, K. et al, 2017, Blockchain – Literature Survey. *2nd IEEE International Conference On Recent Trends in Electronics Information & Communication Technology*.
- Dominique, G., 2017, Public Blockchain versus Private Blockchain. *Journal Centre d'économie de la Sorbonne May*.
- Eyal, I. et al, 2016, Bitcoin-NG: A Scalable Blockchain Protocol. *13th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation*.
- Hardt, D., 2012. The OAuth 2.0 Authorization Framework. *RFC 6749*.
- Paolo, T. et al, 2017, Ontology of Blockchain Technologies: Principles of Identification and Classification. *SSRN Electronic Journal*.
- Satoshi, N., 2008, A Peer-to-peer Electronic Cash System. *Disponível em: https://bitcoin.org/files/bitcoin-paper/bitcoin_pt_br.pdf*.
- Stefano, A., 2018, PBTF vs Proof-of-Authority: applying the CAP theorem to permissioned blockchain. *Italian Conference on Cyber Security*.
- Zibin, Z., 2018, Blockchain Challenges and Opportunities: A Survey. *International Journal of Web and Grid Services*.

ANÁLISIS TECNO-ECONÓMICO DEL DESPLIEGUE DE UNA ARQUITECTURA DE RED VIRTUALIZADA

Jesús Calle-Cancho¹, Javier Carmona-Murillo², David Cortés-Polo¹
y José-Luis González-Sánchez¹

¹Centro Extremeño de Investigación, Innovación Tecnológica y Supercomputación (CénitS), Cáceres, España

²Departamento de Ingeniería de Sistemas Informáticos y Telemáticos, Universidad de Extremadura, Cáceres, España

RESUMEN

En los últimos años, el incremento exponencial del tráfico de datos móviles unido al despliegue de nuevos servicios sobre las redes actuales ha propiciado que los operadores de red busquen nuevas tecnologías para adaptarse, entre las que destacan dos principalmente: Redes Definidas por Software (SDN) y la Virtualización de Funciones de Red (NFV). Estas tecnologías aportan dinamismo a las redes de próxima generación. Dado que la migración a estas nuevas tecnologías conlleva un coste elevado para los operadores, éstos buscan soluciones que ofrezcan un aumento de las capacidades de la red, reduciendo los costes de infraestructura (CAPEX) y operación (OPEX). En este trabajo se desarrolla un análisis y evaluación de costes que serían necesarios para que una red real se convierta en el principal operador de Extremadura.

PALABRAS CLAVE

Redes Definidas por Software, Virtualización de Funciones de Red, EPC, OPEX, CAPEX

1. INTRODUCCIÓN

Debido al continuo desarrollo de las redes de comunicaciones móviles en los últimos años, la realización de una gestión eficiente de la red se ha convertido en uno de los mayores desafíos en entornos de red de próxima generación. Además, la aparición de multitud de servicios heterogéneos ofertados por los operadores, han impulsado la creación de nuevos mecanismos y arquitecturas de gestión de redes, capaces de soportar los nuevos servicios emergentes. Estos avances han generado un crecimiento exponencial del tráfico global de datos móviles estimándose un consumo mensual de 77,5 exabytes en 2022 (Cisco 2019).

Por otro lado, todos estos cambios están teniendo un gran impacto en las estrategias económicas llevadas a cabo por los operadores de red. El aumento de los requisitos de eficiencia y disponibilidad por parte de los usuarios va ligado a un incremento de los costes de todo ello. Por lo tanto, las decisiones de planificación y diseño de las redes deben tener en cuenta las estimaciones de costes con la mayor precisión posible. Para ello se utilizan modelos basados en CAPEX y OPEX (S. Verbrugge et al. 2006) (B. Naudts et al. 2016).

En definitiva, los operadores de red requieren de nuevos mecanismos para cubrir de manera eficiente (técnica y económicamente) las necesidades que han ido apareciendo en los nuevos entornos de red. Estos mecanismos deben ser capaces de reservar dinámicamente los recursos de la red para proporcionar la flexibilidad requerida por los operadores de red (B. Blanco et al. 2017). Por ello, SDN y NFV son vistos como una gran oportunidad para hacer frente a la naturaleza dinámica de las redes de próxima generación.

Este artículo presenta un análisis del despliegue de mecanismos basados en SDN y NFV. Para ello, se ha elaborado un modelo basado en el CAPEX y OPEX, para analizar de manera cuantitativa el despliegue de una arquitectura de red virtualizada sobre una red real en Extremadura (RCT).

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera. La sección 2 presenta un estado del arte de SDN y NFV. En la sección 3 se define y presenta el modelo de costes que se utilizará para realizar el análisis del despliegue de una arquitectura de red virtualizada sobre la RCT. La sección 4 muestra los resultados comparativos entre los costes necesarios para el despliegue de una arquitectura de red basada en SDN/NFV y una arquitectura de red tradicional, así como los costes asociados al despliegue del EPC (*Evolved Packet Core*) virtualizado. Por último, en la sección 5 se presentan las conclusiones del trabajo.

2. ESTADO DEL ARTE: SDN Y NFV

La tecnología de las Redes Definidas por Software surge como un nuevo paradigma de red, cuya principal característica es la separación del plano de datos del plano de control, con el objetivo de simplificar la gestión y configuración de la red (B.A.A. Nunes et al. 2014). SDN proporciona una vista global de la red a través de un controlador de red centralizado. Por lo tanto, el plano de control queda centralizado en el controlador de la red que, a su vez, gestiona el plano de datos a través de protocolos abiertos como OpenFlow.

Por otro lado, la aparición de la tecnología de NFV ha sido muy importante desde el punto de vista del aprovisionamiento de servicios. Este paradigma tiene como principal objetivo el desacoplar las funciones de red de los dispositivos físicos en los cuales se ejecutan. Además, NFV tiene el potencial de proporcionar reducciones significativas de CAPEX y OPEX, y de facilitar y flexibilizar el despliegue de nuevos servicios con más agilidad (B. Han et al. 2015), permitiendo alcanzar los requisitos de baja latencia y alta fiabilidad requerida por los servicios que se ofrecerán en las futuras redes 5G (J.A. Cabrera et al. 2019). Los paradigmas SDN y NFV están íntimamente relacionados (R. Mijumbi et al, 2016) y, con una integración eficiente de ambos, se puede conseguir un importante ahorro de costes.

La virtualización de red persigue una división de los recursos físicos de una red en segmentos o *slices*. Cada *slice* está aislada de las demás y pueden compartir infraestructura física en paralelo. Por ello, se acuñó el término de Cloud-RAN (I-F. Akyildiz et al. 2015) que permite desacoplar el procesamiento de banda base de las propias estaciones base, ofreciendo un despliegue más fácil y flexible, a diferencia de las estaciones base (BS) tradicionales. De esta manera, aparece el concepto de SBS (BS definida por software), en la que un número determinado de BS virtuales pueden ser desplegadas simultáneamente.

Numerosos estudios establecen que SDN y NFV conducen a una reducción significativa del CAPEX para los operadores de red (B. Naudts et al. 2016) (R. Mijumbi et al. 2016). En relación al OPEX (E. Hernández et al. 2015), los procesos operativos automatizados podrían reducir la intervención humana, reduciendo los costes de personal y las operaciones de red que generen fallos.

3. MODELO DE COSTES

En esta sección se presenta el modelo de costes que se utilizará en secciones posteriores, para analizar y evaluar de manera cuantitativa el despliegue de una arquitectura de red virtualizada. El modelo utilizado establece que los costes totales de un determinado operador pueden ser divididos en:

- Costes de capital (CAPEX). Son inversiones de capital que crean beneficios. El CAPEX engloba los costes de la infraestructura fija.
- Costes de operación (OPEX). También llamados costes de funcionamiento u operativos. El OPEX representa el coste necesario para mantener operativa la infraestructura.

Para poder evaluar y comparar convenientemente los costes del despliegue de una arquitectura de red virtualizada, que haga uso de los nuevos paradigmas emergentes, es necesario analizar también los costes a los que los operadores tendrían que hacer frente si se usara una arquitectura de red tradicional.

En realidad, una RAN (Red de Acceso Radio) virtualizada (C-RAN) se trata de una evolución de una RAN tradicional, en la que el elemento principal pasa a ser una BS virtualizada (vBS), es decir, un número determinado de BS virtuales pueden ser desplegadas simultáneamente sobre una BS física (D. Pompili et al. 2015). La estación base que albergue varias vBS la denominaremos SBS.

3.1 CAPEX y OPEX en una Red de Acceso Tradicional

En esta sección se modelan los costes relacionados con una red de acceso radio tradicional, que permitirán evaluar el impacto relativo al despliegue de la infraestructura de red necesaria y su mantenimiento como si fuera un operador de red tradicional. Se asume que en un área A existen un determinado número de operadores (N_{op}) que se encuentran dando cobertura a un conjunto de clientes. El número de estaciones base para cubrir el área A depende del radio de cobertura de la estación base (R_{max}) y del número de usuarios en A. Por lo tanto, el número total de estaciones base requeridas por cada operador (N_{BSO}) viene dado por la Ec. 1.

$$N_{BSO} = \frac{A}{\pi \cdot R_{max}^2} \quad (1)$$

Si λ refleja la densidad de usuarios por unidad de área y operador, se puede definir el número total de usuarios por operador (N_{UOp}) como se muestra en la Ec. 2.

$$N_{UOp} = \lambda \cdot A = \lambda \cdot \pi \cdot N_{BSO} \cdot R_{max}^2 \quad (2)$$

Siendo C_{dBS} los costes asociados al despliegue inicial de una estación base y C_{BS} los costes de cada estación base, se puede definir el CAPEX de una arquitectura RAN tradicional como se muestra en la Ec. 3.

$$CAPEX_{RAN} = \sum_{i=1}^{N_{Op}} \sum_{j=1}^{N_{BSO_i}} (C_{dBS} + C_{BS})_{ij} \quad (3)$$

Por otro lado, la Ec. 4 define el OPEX total de una arquitectura RAN tradicional. Para ello se tendrán en cuenta la energía consumida por BS (P_{BS}), el coste del kWh (C_{kWh}), los costes asociados a la operación, mantenimiento y administración (C_{OAM}) y los costes de alquiler (C_{ALQ}).

$$OPEX_{RAN} = \sum_{i=1}^{N_{Op}} \sum_{j=1}^{N_{BSO_i}} (P_{BS} \cdot C_{kWh} + C_{OAM} + C_{ALQ})_{ij} \quad (4)$$

P_{BS} engloba la potencia de todas las antenas que conforman la estación base. Considerando que una estación base está formada por un número de antenas determinado (N_a), con una potencia determinada cada una (P_a), se puede estimar la potencia eléctrica total de cada BS, tal y como se muestra en la Ec. 5.

$$P_{BS} = N_a \cdot P_a \quad (5)$$

3.2 CAPEX y OPEX en una Ted de Cceso Xirtualizada

A continuación, se modelan los costes relacionados con una red de acceso radio virtualizada. Se asume que en un área A existe un determinado número de estaciones base virtuales vBS, desplegadas sobre SBS, que se encuentran dando cobertura a un conjunto de usuarios. El número de SBS requerido para cubrir el área A estará determinado por el radio de cobertura de la SBS (R_{max}) y por el número total de usuarios en el área A , tal y como se muestra en la Ec. 6.

$$N_{SBS} = \frac{A}{\pi \cdot R_{max}^2} \quad (6)$$

Si λ refleja la densidad de usuarios por unidad de área y operador; y N_{sl} define el número de *slices* (vBS) por cada SBS, se tiene que el número total de usuarios en un área A es N_{UT} (Ec. 7).

$$N_{UT} = \lambda \cdot A = \sum_{i=1}^{N_{sl}} (\lambda \cdot \pi \cdot N_{SBS} \cdot R_{max}^2) \quad (7)$$

Además, C_{SBS} representa el coste de una SBS. Se asume que el coste total de una SBS aumenta linealmente con respecto al número de vBS desplegadas en ella, tal y como se muestra en la Ec. 8.

$$C_{SBS} = C_{BS} \cdot (1 + 0,2 \cdot (N_{sl} - 1)) \quad (8)$$

Siendo C_{dSBS} el coste asociado al despliegue inicial de una SBS, se puede definir el CAPEX total de una arquitectura C-RAN como se muestra en la Ec. 9.

$$CAPEX_{C-RAN} = C_{dSBS-total} + C_{SBS-total} = N_{SBS} \cdot (C_{dSBS} + C_{SBS}) \quad (9)$$

Por otro lado, la Ec. 10 define el OPEX para una arquitectura C-RAN. Estará formado por los costes derivados del consumo energético de las SBS, que serán calculados a partir de la potencia de la SBS (P_{SBS}) y del coste del kWh (C_{kWh}). Además, se tendrán en cuenta costes asociados a la operación, mantenimiento y

administración (C_{OAM}) y los costes de alquiler (C_{ALQ}). Cada SBS tiene más capacidades que una BS tradicional, por lo que P_{SBS} dependerá del número de vBS que se desplieguen sobre ella.

$$OPEX_{C-RAN} = \sum_{i=1}^{N_{SBS}} (P_{SBS} \cdot C_{kWh} + C_{OAM} + C_{ALQ})_i \quad (10)$$

Considerando que cada vBS está formada por un número de antenas determinado (N_a), se puede estimar que la potencia eléctrica de cada SBS (P_{SBS}) como se indica en la Ec. 11.

$$P_{SBS} = N_{sl} \cdot N_a \cdot P_a \quad (11)$$

3.3 CAPEX y OPEX en el EPC Xirtualizado

Si se profundiza un poco más y se aprovechan aún más los beneficios que proporcionan la tecnología NFV, se pueden virtualizar los elementos principales del núcleo de la red 5G (EPC): MME (*Mobility Management Entity*), HSS (*Home Subscriber Server*), SGW (*Serving Gateway*) y PGW (*Packet Data Network Gateway*).

Siendo N_{SERV} el número total de servidores y C_{SERV} el coste de un servidor, se puede definir el coste total de la adquisición de los servidores que son necesarios, tal y como muestra la Ec. 12.

$$C_{SERV-total} = N_{SERV} \cdot C_{SERV} \quad (12)$$

Por lo tanto, se puede definir el CAPEX total para virtualizar el EPC ($CAPEX_{vEPC}$), tal y como se muestra en la Ec. 13, teniendo en cuenta el coste total de los servidores requeridos para la virtualización ($C_{SERV-total}$), los costes de licencia software (C_{LIC}) y los costes asociados al despliegue e instalación inicial (C_{INI}).

$$CAPEX_{vEPC} = C_{SERV-total} + C_{LIC} + C_{INI} \quad (13)$$

Por otro lado, para definir el OPEX del EPC virtualizado se tendrá en cuenta el consumo energético de todos los servidores necesarios para alojar el número requerido de máquinas virtuales. Para virtualizar cualquier elemento del EPC (E_{EPC}), el número de máquinas virtuales necesarias para dicha demanda se determinará mediante el requisito máximo de CPU, memoria, red o almacenamiento: Ec. 14.

$$VMS_{E_{EPC}} = \max(VM_{CPU-E_{EPC}}, VM_{RAM-E_{EPC}}, VM_{ALM-E_{EPC}}, VM_{RED-E_{EPC}}) \quad (14)$$

Los requisitos de CPU, memoria RAM, almacenamiento y red son definidos tal y como se muestran en las Ec. 15-18, respectivamente.

$$VM_{CPU-E_{EPC}} = \left(\frac{CPU_{E_{EPC}}}{CPU_{porVM}} \right) \quad (15)$$

$$VM_{RAM-E_{EPC}} = \left(\frac{RAM_{E_{EPC}}}{RAM_{porVM}} \right) \quad (16)$$

$$VM_{ALM-E_{EPC}} = \left(\frac{ALM_{E_{EPC}}}{ALM_{porVM}} \right) \quad (17)$$

$$VM_{RED-E_{EPC}} = \left(\frac{RED_{E_{EPC}}}{RED_{porVM}} \right) \quad (18)$$

El número de servidores requeridos para albergar cada elemento del EPC viene dado por la Ec. 19.

$$N_{SERV-E_{EPC}} = \frac{VMS_{E_{EPC}}}{VMS_{porSERV}} \quad (19)$$

Finalmente, la Ec. 20 define el OPEX total para el EPC virtual, siendo P_{SERV} la potencia de un servidor y C_{kWh} el coste del kWh.

$$OPEX_{vEPC} = \left[\sum_{i \in E_{EPC}} N_{SERV_i} \right] \cdot P_{SERV} \cdot C_{kWh} \quad (20)$$

4. ESTUDIO REAL SOBRE LA RCT: RESULTADOS NUMÉRICOS

Extremadura cuenta con una infraestructura de fibra óptica a la que la Junta de Extremadura denominó RCT, cuyo principal objetivo es proporcionar servicios de comunicaciones avanzadas a los centros tecnológicos ubicados en la región. Dada la gran capacidad de transmisión que ofrece la RCT, se exceden las necesidades de los centros conectados inicialmente. Por ello, se puede reutilizar el sobredimensionamiento de red para la prestación de servicios de acceso a las infraestructuras de telecomunicaciones.

Por lo tanto, en esta sección se evaluará la implantación de mecanismos de nueva generación en la RCT, con el objetivo de cuantificar los costes operacionales y de capital. Los parámetros utilizados en el análisis (S.F. Yunas et al. 2014) (LTE Multi-Plataform Base Station) (N. Zhang and H. Hämmäinen 2015) por defecto son: $C_{dBS} = C_{dSBS} = 5.000 \text{ €}$; $C_{BS} = 15.596 \text{ €}$; $P_a = 615 \text{ W}$; $N_a = 4$; $C_{kWh} = 0,14 \text{ €}$; $C_{OAM} = 4.000 \text{ €/año}$; $C_{ALQ} = 1000 \text{ €/año}$; $R_{max} = 2 \text{ km}$; $C_{LIC} = 5.000 \text{ €}$; $C_{INI} = 30.000 \text{ €}$; $C_{SERV} = 5.500 \text{ €}$; $P_{SERV} = 400 \text{ W}$; $CPU_{MME} = CPU_{HSS} = CPU_{SGW} = CPU_{PGW} = 6 \text{ cores}$; $RAM_{MME} = RAM_{HSS} = RAM_{SGW} = RAM_{PGW} = 40 \text{ GB}$; $ALM_{MME} = ALM_{HSS} = ALM_{SGW} = ALM_{PGW} = 1 \text{ TB}$; $RED_{MME} = RED_{HSS} = RED_{SGW} = RED_{PGW} = 30 \text{ Gbps}$; $CPU_{porVM} = 2 \text{ cores}$; $RAM_{porVM} = 8 \text{ GB}$; $ALM_{porVM} = 150 \text{ GB}$; $RED_{porVM} = 40 \text{ Gbps}$; $VMS_{porSERV} = 10$.

En primer lugar, se han calculado los costes de capital y operación en relación al número de estaciones base desplegadas. La Fig. 1 muestra la comparativa entre las dos arquitecturas desplegadas (RAN y C-RAN).

En ambos casos, el CAPEX aumenta de manera lineal con respecto al número de estaciones base desplegadas. Se pueden conseguir ahorros de los costes de capital del orden del 70% cuando se despliegan 100 BS bajo una arquitectura C-RAN, con respecto a una arquitectura RAN tradicional. En el caso del OPEX, al ser costes relacionados con el mantenimiento de la infraestructura, en este artículo se han considerado los costes asociados al primer año de operación, es decir, OPEX anual. En el caso de C-RAN se consiguen ahorros de OPEX de aproximadamente un 60% con respecto a la arquitectura RAN.

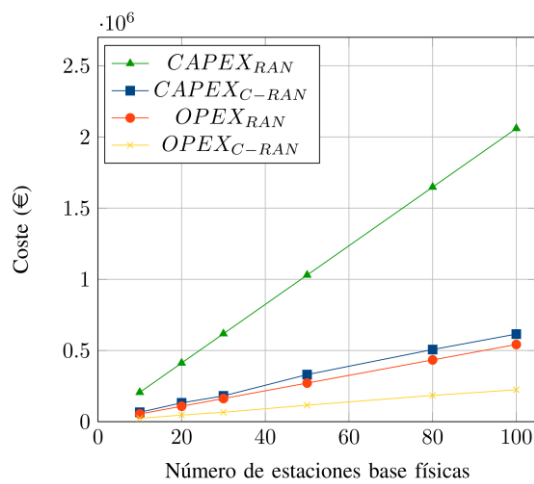


Figura 1. Análisis de CAPEX y OPEX: RAN vs C-RAN

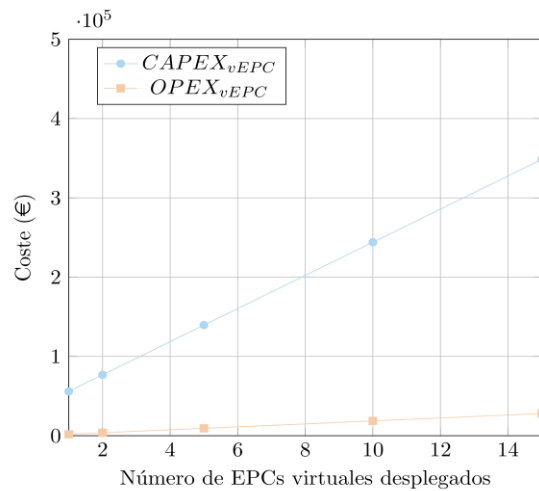


Figura 2. Análisis de CAPEX y OPEX del vEPC

Además, se han calculado los costes de capital y operación en relación al número de EPCs virtuales desplegados. La Figura 2 muestra la evolución de los costes que aumentan de manera lineal con respecto al número de vEPCs desplegados.

5. CONCLUSIONES

Debido al rápido crecimiento del tráfico de datos móviles y los nuevos servicios demandados por los usuarios, los proveedores de servicios de telecomunicaciones han propuesto nuevas formas de prestación de servicios en términos de flexibilidad, agilidad y ahorro de costes a través de la gestión y ahorro de los costes de operación y los costes de capital.

En este trabajo se propone un enfoque para reducir el impacto de NFV y SDN en el coste total de despliegue y mantenimiento para un operador de red. Se presenta un modelo de análisis de costes que proporciona una visión técnica y económica para decidir qué arquitectura es la más acertada a la hora de desplegar las tecnologías de red y los servicios que han de ser desarrollados. Además, se ha llevado a cabo un análisis del despliegue del EPC virtualizado sobre la RCT. El análisis realizado revela que la arquitectura propuesta proporciona importantes ahorros de CAPEX y OPEX. Los resultados experimentales obtenidos de la comparación entre el caso tradicional y el caso virtualizado muestran que el CAPEX para la red de acceso virtualizada se puede reducir hasta un 70% con respecto al caso tradicional. En comparación con la red de acceso tradicional, el OPEX para la red de acceso virtualizada puede reducirse hasta un 59 %.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo está financiado en parte por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) Programa Operativo 2014-2020 de Extremadura a través del proyecto CultivData (2018.14.02.332A.444.00), y, en parte, a través de los Fondos Europeos de Desarrollo Regional bajo el proyecto IB18003.

REFERENCIAS

- B. Blanco et al. 2017. *Technology pillars in the architecture of future 5G mobile networks: NFV, MEC and SDN*. In Computer Standards and Interfaces, vol. 54, pp. 216-228.
- B. Han et al. 2015. *Network function virtualization: Challenges and opportunities for innovations*. In IEEE Communications Magazine, vol. 53, no. 2, pp. 90-97.
- B. Naudts et al. 2016. *How can a mobile service provider reduce costs with software-defined networking?* In International Journal of Network Management, vol. 26, no. 1, pp. 56-72.
- B.A.A.Nunes et al. 2014. *A Survey of Software-Defined Networking: Past, Present, and Future of Programmable Networks*. In IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 16, no. 3, pp. 1617-1634.
- Cisco Systems Inc, 2019. *Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017-2022*. White Paper.
- D. Pompili et al. 2015. *Dynamic provisioning and allocation in Cloud Radio Access Networks (C-RANs)*. In Ad Hoc Networks, vol. 30, pp. 128-143.
- E. Hernández et al. 2015. *How will nfv/sdn transform service provider opex?*. In IEEE Network, vol. 29, no. 3.
- I.-F. Akyildiz et al. 2015. *SoftAir: A software defined networking architecture for 5G wireless systems*. In Computer Networks, vol. 85, pp. 1-18.
- J. A. Cabrera et al. 2019. Fizek. *Softwarization and Network Coding in the Mobile Edge Cloud for the Tactile Internet*. In Proceedings of the IEEE, vol. 107, no. 2, pp. 350-363.
- LTE Multi-Platform Base Station. <https://www.winncom.com/en/products/998-03-536>
- N. Zhang and H. Hämmäinen 2015. *Cost Efficiency of SDN in LTE-based Mobile Networks: Case Finland*. In International Conference and Workshops on Networked Systems.
- R. Mijumbi et al. 2016. *Network Function Virtualization: State-of-the-Art and Research Challenges*. In IEEE Communications Surveys Tutorials, vol. 18, pp. 236-262.
- S. Verbrugge et al. 2006. *Methodology and input availability parameters for calculating OpEx and CapEx costs for realistic network scenarios*. In Journal of Optical Networking, vol. 5, no. 6, pp. 509-520.
- S.F. Yunas et al. 2004. *Relation between base station characteristics and cost structure in cellular systems*. In IEEE Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, vol. 4, pp. 2627-2631, 2004.
- S.F. Yunas et al. 2014. *Techno-economical analysis and comparison of legacy and ultra-dense small cell networks*. In Local Computer Networks.

WACOP: PLATAFORMA DE SOFTWARE PARA MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL DE FORMA INTELIGENTE

Guilherme Silvestre Giazzi, Israel Florentino dos Santos e Leandro Pupo Natale
*Universidade Presbiteriana Mackenzie
Rua da Consolação, 930 – São Paulo, S.P., Brasil*

RESUMO

Nos dias de hoje, ainda há pessoas que não se preocupam ou dão pouca importância para um assunto tão delicado como a economia de água, seja por não terem essa informação de prontidão ou por não encontrarem facilidade em acompanhá-la. É um dever de todos tratar desse assunto, a fim de que o maior número de indivíduos também faça a sua parte, e a economia de recursos naturais passe a ser uma atividade comum. Sabendo disso, esse artigo apresenta uma solução para ajudar a monitorar o consumo de água com o uso de Internet das Coisas dentro de um contexto de Cidade Inteligente.

PALAVRAS-CHAVE

Cidades Inteligentes, IoT, Recursos Naturais, Web 2.0

1. INTRODUÇÃO

Desde 2009 a maior parte da população passou a viver em áreas urbanas, fazendo com que a infraestrutura e recursos naturais se tornassem mais escassos (ONU, 2009). Para que todos estejamos preparados para enfrentar uma eminente crise de recursos naturais é necessário mudar nossa forma de ver o mundo, otimizando o uso dos recursos disponíveis, principalmente nas grandes cidades, tornando nossos ambientes urbanos mais inteligentes.

Iniciativas nas dimensões de avaliação de cidades inteligentes propostas por Giffinger et. al (2007) de Economia inteligente, População inteligente, Governança inteligente, Mobilidade inteligente, Meio-ambiente inteligente e Vida inteligente vêm aumentando em diversos lugares do mundo, como na Europa, Estados Unidos, Japão, China, Brasil, Emirados Árabes e Coreia do Sul (Kon e Santana, 2017). Segundo as estatísticas do Fórum de Cidades Inteligentes Chinês, 6 províncias e 51 cidades incluíram Cidades Inteligentes em seu planejamento de trabalho para o governo da China, e, destas, 36 já estão em processo de desenvolvimento (Liu e Peng, 2014).

Neste sentido, este projeto propõe uma plataforma tecnológica para o controle e monitoramento do consumo de água, o WACOP - Water Consumption Platform (Plataforma de Monitoramento do Consumo de Água). Esta plataforma, baseada no gerenciamento de componentes inteligentes conectados à internet e utilizando uma arquitetura de microserviços, permite a coleta, armazenamento, análise e monitoramento do consumo de água potável em diferentes pontos de coletas de uma residência. Os dados coletados são enviados para módulos hospedados em uma nuvem, onde é possível realizar diferentes tipos de análises sobre eles, permitindo, principalmente, uma visão eficiente e detalhada do consumo de água da residência.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Tem-se por Cidade Inteligente um centro urbano sustentável e eficiente que oferece alta qualidade de vida para seus habitantes através do gerenciamento ideal de seus recursos (Calvillo et. al, 2016). Tratando-se de gerenciamento inteligente de recursos, Almirall et. al (2013) explica Cidade Inteligente como uma cidade com intensa e avançada tecnologia permitindo a interconexão de pessoas, troca de informações entre os elementos

da cidade através do uso de tecnologias, a fim de criar uma cidade mais sustentável, mais verde, competitiva, com inovação no comércio, e qualidade de vida melhor.

Este gerenciamento eficiente pode ser obtido através do uso de tecnologias como sensores e dispositivos conectados à internet. Os dados coletados por estes dispositivos podem ser enviados a centros de processamentos de dados, fornecendo informações importantes aos responsáveis pela administração pública. Esta conectividade aliada ao processamento eficiente e inteligente dos dados coletados podem interatuar nas diferentes dimensões de uma cidade inteligente, como economia inteligente, pessoas inteligentes, governo inteligente, mobilidade inteligente, meio ambiente inteligente e vida inteligente (Lombardi et. al, 2012).

Segundo Guillemín e Friess (2009), IoT (IoT – Internet of things; Internet das Coisas) permite que pessoas e coisas se conectem a qualquer momento, de qualquer lugar, com qualquer coisa e qualquer pessoa, idealmente usando qualquer caminho ou rede e qualquer serviço. IoT pressupõe uma rede de objetos físicos interconectados (chamados de “coisas”), incluindo computadores, smart phones, sensores, acionadores, dispositivos em vestimentas, casas, construções, veículos e sistemas de energia. A IoT garante a comunicação de uma grande variedade de tipos de sistemas, aplicações e principalmente sensores, disponibilizando serviços cada vez mais inteligentes, confiáveis e seguros. Desta forma, o coração da implementação de uma cidade inteligente é a interconexão de diversos sensores e dispositivos à Internet e estes dispositivos serem passíveis de envio de dados e recepção de comandos remotos (Mohanty et. al, 2016).

A computação em nuvem está diretamente envolvida, de forma que deve estar pronta para receber todos os dados coletados. A proposta da computação em nuvem é concentrar recursos como hardware e software em algumas localizações físicas e oferecer esses recursos como serviços para uma grande quantidade de consumidores que estão localizados em diferentes regiões geográficas no mundo através da internet por uma maneira eficiente (Perera et. al, 2014).

De acordo com Patidar et. al (2012), os serviços da computação em nuvem podem ser divididos em três camadas principais: *Infrastructure as a Service* (IaaS), *Platform as a Service* (PaaS). e *Software as a Service* (SaaS). De uma maneira abrangente, IaaS oferece recursos computacionais como processamento e armazenamento. PaaS é designado para desenvolvedores de *software*, a fim de permiti-los escrever suas aplicações segundo as especificações de uma plataforma em particular sem precisar se preocupar com o *hardware* por trás de tudo. Por fim, SaaS é a camada mais visível da computação em nuvem para usuários finais, já que se trata das aplicações em si que são acessadas e usadas. Este projeto adotará a camada PaaS, pois toda a infraestrutura em nuvem disposta está sob responsabilidade dos provedores dos serviços, permitindo que o desenvolvedor apenas utilize esses serviços como repositório para seus dados.

Através do uso destes tipos de sensores é possível criar monitoramentos de recursos utilizados nas cidades de forma a otimizar e incentivar o consumo consciente dos recursos naturais, como o consumo de água potável nas residências e conjuntos habitacionais de uma cidade. Um estudo similar ao deste projeto foi realizado para não apenas coletar o consumo, como também para gerar energia através do fluxo de água e armazenar essas informações com o auxílio do Apache Spark (Domoney et. al, 2015). A principal diferença entre os projetos está no foco abordado por Domoney (2015) na geração e utilização de um recurso através de outro, sendo que o fluxo de água gera energia elétrica. O projeto apresentado neste artigo propõe o monitoramento inteligente de água em residências, analisando o histórico e criando alertas de consumo de forma a dar mais transparência no uso deste recurso escasso.

Segundo o Procon-SP (órgão governamental do Estado de São Paulo, Brasil, responsável por elaborar e executar políticas públicas de defesa do consumidor), o consumo de água encanada e tratada, *per capita* sugerida, deve ser em torno de 5,4 m³ por mês. Além do monitoramento, a correta análise permite criar um controle eficiente do consumo e prever com maior precisão o aumento ou diminuição do consumo de água, e assim, possibilitar diferentes ações em diferentes níveis. Por exemplo, em um nível governamental permite a definição de campanhas, políticas públicas, ajustes em investimentos relacionados ao consumo, já em um nível residencial, é possível controlar os gastos. Por fim, este controle permite estimular o consumo de água de forma eficiente com o objetivo de preservar os recursos naturais do planeta.

3. ARQUITETURA PROPOSTA

Este artigo apresenta uma proposta de plataforma sistêmica para o monitoramento eficiente do consumo de água em residências. Esta plataforma utiliza como base a componentização e micros serviços de forma a permitir um alto grau de escalabilidade e integração com diferentes tipos de sensores e ferramentas, conforme apresentando na Figura 1.

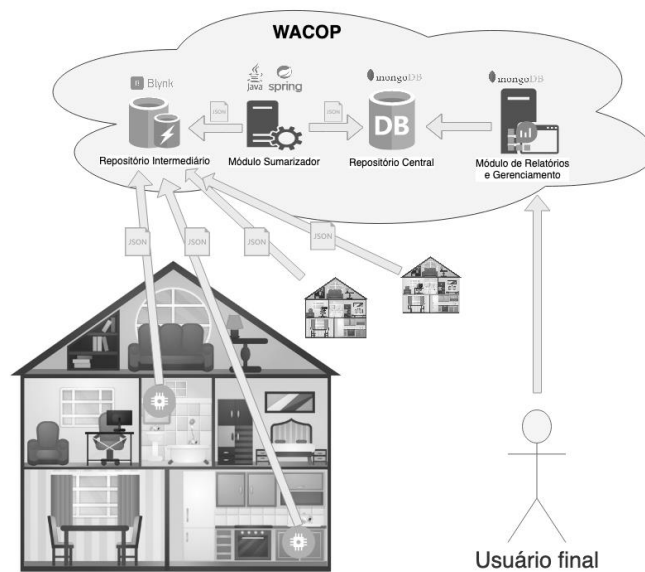


Figura 1. Diagrama apresentando a arquitetura proposta para a Plataforma WACOP

Esta plataforma utiliza um sensor de fluxo de água do tipo *SAIER SEN-HZ21WA* para coletar o fluxo existente em diferentes saídas de água em cômodos de uma residência, como torneiras e chuveiros. Este sensor deve estar conectado a um Arduino UNO responsável por receber e armazenar os dados coletados temporariamente e enviá-los, via protocolo HTTP, através de uma placa ESP-8266, para um Repositório Intermediário em nuvem. Este repositório de dados é responsável por gerenciar os dados recebidos de todos os sensores de fluxo de água utilizados. Como implementação deste repositório em nuvem a primeira versão implementada da Plataforma WACOP utilizou a plataforma, também em nuvem, Blynk¹.

Utilizando as bibliotecas do Blynk, é realizada uma requisição POST da média de fluxo de água identificado pelo sensor a cada minuto. Como este tipo de sensor de fluxo de água, há um sensor de efeito Hall, contabilizando, aproximadamente, 4.5 pulsos elétricos por segundo de líquido passado na razão litros/minuto, dividindo o número total de pulsos registrados por 4.5 teremos a quantidade total de líquido passando pelo sensor por minuto (Sanjeev, 2018). Logo, o cálculo para se encontrar a vazão de litros por minuto deve ser o seguinte:

$$\text{vazão de litros por minuto} = \text{número de pulsos contados} / 4.5$$

Adicionalmente, a Plataforma WACOP define o Módulo de Sumarização, uma API REST responsável por receber os dados vindos do Repositório Intermediário e armazenar os dados previamente sumarizados a fim de facilitar as análises previstas no módulo de gerenciamento, desenvolvida utilizando Java e Spring Boot.

O Módulo Sumarizador conta com um agendador nativo do Spring, responsável por enviar, a cada 60 segundos, os dados do Repositório Intermediário (o Blynk), para o Repositório Central da Plataforma. Este repositório central utiliza como base o MongoDB². Devido sua natureza de trabalhar com dados estruturados em formato de documentos e com alta performance, disponibilidade e escalabilidade para o volume de dados previsto para análises similares a esta de consumo de água.

Esta plataforma também prevê um Módulo de Relatórios e Gerenciamento, o qual permite ao usuário criar e visualizar gráficos de acordo com as informações inseridas no banco de dados em diversos períodos, sendo eles por dia, mês, ano, bem como dados *near real-time* do consumo. Isso será de extrema utilidade, uma vez que os próprios consumidores do produto poderão criar *dashboards* de acordo com o tipo e visão que preferirem.

A Arquitetura Proposta foi testada inicialmente através da coleta de dados do fluxo de água (*flowRate*) em alguns focos em uma residência. Cada foco foi identificado unicamente de forma a coletar e permitir análises individuais. Foram utilizados como atributos identificadores em cada foco o nome do usuário do sistema

¹ <https://blynk.io/>

² <https://www.mongodb.com/>

(*userID*), *MAC Address* de cada sensor responsável pelo fluxo de água (*deviceID*), descrições informativas dos dispositivos (*description*), e da data e hora da coleta dos dados (*timestamp*), representando estes dados em Documento do MongoDB conforme a Figura 2.

```

_id: ObjectId("5d50ade37e75b82f346a3612")
flowRate: 22.6
userID: "Matheus Augusto"
deviceID: "33-DD-04-EE-FF"
description: "Mangueira do jardim"
timestamp: "2019-08-11 / 21:08:03"
    
```

Figura 2. Imagem de um dos Documentos inseridos no MongoDB contendo valores de uma medição de vazão de água

O Módulo de Relatórios da Plataforma WACOP permite uma análise ampla do consumo de água por dispositivo. A Figura 3 apresenta alguns tipos de gráficos que podem ser gerados a partir do total de consumo de água por dispositivo através dos dados coletados em tempo real dos sensores IoT.

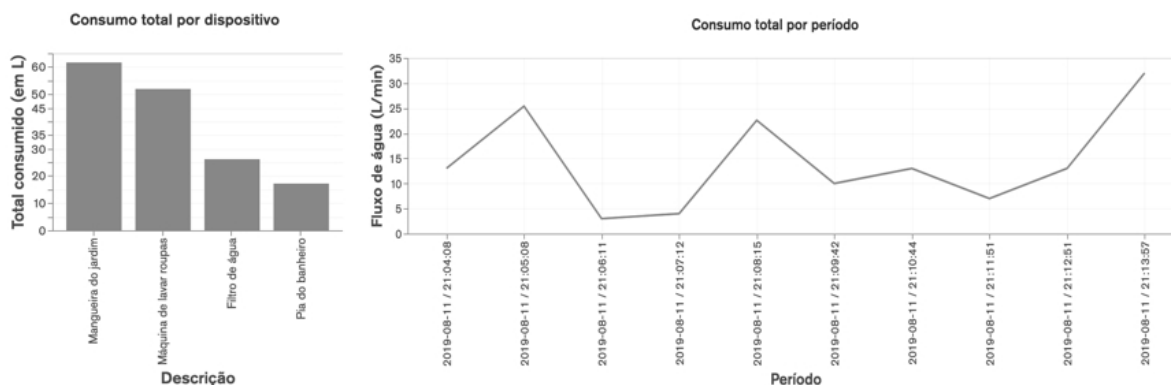


Figura 3. Gráficos representando a quantidade de água coletada por diversos sensores de fluxo de água em tempo real

A análise do gráfico à esquerda permite observar um maior consumo de água no dispositivo acoplado à mangueira do jardim, alcançando a marca dos 60 litros, enquanto que o sensor acoplado à máquina de lavar roupas identificou cerca de 50 litros no total. O filtro de água e pia do banheiro apresentaram um menor índice de utilização de água, chegando a aproximadamente 25 litros e 17 litros, respectivamente, durante o período analisado. O gráfico mais à direita mostra o total de água consumida a cada minuto, apresentando que houve uma grande oscilação geral, cujo índice máximo coletado foi de aproximadamente 33 litros, enquanto que o mínimo foi de 4 litros.

4. CONCLUSÃO

Na Europa, 75% da população já vive em áreas urbanas, este número tem previsão de chegar em 80% até 2020 (Albino et. al, 2015). A partir desse conhecimento, é essencial que, para promover o gerenciamento inteligente dos recursos naturais já disponíveis, as cidades e seus habitantes comecem a se preocupar com como esses recursos são utilizados, e buscar formas eficientes de utilizá-los.

Os resultados obtidos pelo uso da plataforma WACOP, após a realização das coletas descritas acima, foram satisfatórios e atenderam o que se esperava alcançar. Os usuários poderiam com facilidade acessar seus dados de consumo, podendo alterar o tipo de *dashboard* disposto, com filtros de período, usuário e descrição do dispositivo, possibilitando uma melhor análise de consumo de água de acordo com a necessidade.

A plataforma proposta neste artigo permite um entendimento do consumo do recurso natural de uma maneira mais completa para os usuários em diferentes níveis (governamental, habitacional e para o cidadão). Sua utilização visa conscientizar cidadãos, estimulando o menor desperdício em suas residências, tendo em vista que também serão apresentadas comparações de consumo de acordo com localidade geográfica e estação do ano de onde aquele indivíduo reside.

Portanto, as vantagens trazidas por este projeto são agilidade e controle do consumo de água em residências e expansível a condomínios. A Plataforma WACOP possibilita aos cidadãos monitorarem, de maneira simples, rápida e eficaz, a quantidade de litros de água consumidos após tomar um banho, lavar as roupas, escovar os dentes ou qualquer outra atividade cotidiana que a utilize, resultando não apenas em um menor custo mensal para o usuário, como também ajudando o meio ambiente através do uso inteligente de seus recursos.

Como propostas futuras para este projeto, está a de adotar uma forma de não apenas disponibilizar os dados coletados, como também notificar o consumidor sobre um possível vazamento através da análise de padrões do consumo de água, identificando ainda o local do vazamento, e assim minimizar os impactos causados pelo alto consumo. Adicionalmente, é proposto como futuro desenvolvimento, a implementação de uma aplicação mobile para acesso aos dados coletados de forma mais simplificada.

Por fim, fazer com que o Módulo de Relatórios e Gerenciamento disponha de sugestões de consumo por residência ou condomínios, de acordo com cadastros e configurações previamente estabelecidas. Os parâmetros utilizados para sugestões de consumo devem ser obtidos através de dados como estação do ano, localidade geográfica e histórico anual de chuvas da região, compondo assim as análises e relatórios disponibilizados na plataforma, dando uma visão eficiente e detalhada do consumo de água da residência.

REFERÊNCIAS

- Albino, Vito et. al, 2015. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*, Vol. 22, No. 1, pp 3-21.
- Almirall, E. et. al, 2013. A Smart City Initiative: The Case of Barcelona. *Journal of the Knowledge Economy*, Vol. 4, No. 2, pp 135-148.
- Calvillo, C.F. et. al, 2016. Energy management and planning in smart cities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 55, pp 273-287.
- Domoney, Frank W., et. al 2015. *Smart Cities Solutions to Water Management using Self-Powered, Low-Cost, Water Sensors and Apache Spark Data Aggregation*. Colchester, United Kingdom.
- Giffinger, Rudolf et. al, 2007. *Smart cities: Ranking of European medium-sized cities*. Vienna University of Technology, Vienna, Austria.
- Guillemin, P. e Friess, P., 2009. *Internet of things strategic research roadmap*. The Cluster of European Research Projects.
- Kon, Fabio e Santana, Eduardo, 2017. *Computação aplicada a Cidades Inteligentes: Como dados, serviços e aplicações podem melhorar a qualidade de vidas cidades*. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, Brasil.
- Liu, P. e Peng, Z., 2014. *China's Smart Cities Pilots: A Progress Report*. IEEE Computer Society Digital Library.
- Lombardi, P. et. al, 2012. Modelling the Smart City Performance. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*. Vol. 25, No. 2, pp 137-149.
- Mohanty, Saraju et. al, 2016. Everything You wanted to Know about Smart Cities: The Internet of Things is the backbone. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, Vol. 5, No. 3, pp 60-70.
- ONU, 2009. *Urban and Rural Areas 2009*. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, New York, USA.
- Patidar, Shyam et.al, 2012. A Survey Paper on Cloud Computing. *Proceedings of Second International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies*, Vol., No., pp 394-398.
- Perera, Charith et. al, 2014. *Sensing as a Service Model for Smart Cities Supported by Internet of Things*. Research School of Computer Science, Canberra, Australia.
- Procon SP. *Qual o consumo médio mensal de água?* São Paulo, Brasil.
- Sanjeev, Arvind, 2018. *How to Interface an Arduino with a Flow Rate Sensor to Measure Liquid: Make an Arduino flow rate sensor to measure water flow for a variety of applications*. EETech Media, Boise, USA.

ARQUITETURA E DESENVOLVIMENTO DE UM *SOFTWARE* EDUCATIVO PARA O ENSINO DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA

Rafael Dornelles Lima¹, Cristiane de Fatima Budek Dias², Guataçara dos Santos Junior²,
Cristina Maria Mesquita Gomes³ e Rui Pedro Sanches de Castro Lopes³

¹Faculdade Educacional da Lapa – FAEL, Brasil

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Brasil

³Instituto Politécnico de Bragança – IPB, Portugal

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo apresentar a arquitetura de um Ambiente Virtual de Aprendizagem para o ensino de Probabilidade e Estatística, o Stat1, desenvolvido em uma pesquisa de Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Brasil. O Stat1 foi desenvolvido com aporte na metodologia Ágil, com enfoque em alguns artefatos do *framework Scrum* e a arquitetura seguiu o modelo REST (*Representational State Transfer*). Com isso, foi possível que os professores participassem ativamente do processo de construção e que o ambiente tenha possibilidades de complementação e melhorias, as quais poderão ser realizadas de acordo com as necessidades dos usuários e dos pesquisadores da Educação Estatística, ou de outras linhas de pesquisa e áreas do conhecimento. O Stat1 contempla as ferramentas: Conceitos; Pesquisa; Blog; Plano de aula; Leitura e Fórum. Tais ferramentas podem constituir-se em espaços para a interação entre professores e alunos; alunos e alunos; professores e professores; entre escolas; e entre escola e sociedade.

PALAVRAS-CHAVE

Software Educativo, Arquitetura, Stat1

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um *software* educativo se dá com o propósito de conduzir o aluno na construção de conhecimentos sobre determinado conteúdo didático (Lacerda, 2007). Algumas características são fundamentais em *softwares* educativos: a presença de uma fundamentação pedagógica atrelada a todo seu desenvolvimento; uma finalidade didática, que tem a intenção de possibilitar a construção do conhecimento pelo aluno, de acordo com o currículo escolar; a permissão de interação entre o aluno e o *software*, que tende a ser mediada pelo professor; a facilidade de uso, pois é fundamental que se permita a qualquer usuário a capacidade de desenvolver atividades no *software*, sem a necessidade de conhecimentos computacionais avançados (Lacerda, 2007).

Assim, subentende-se que, desenvolver *softwares* educativos, é uma tarefa que exige ações e articulações entre conteúdos curriculares, metodologias educativas e práticas pedagógicas eficientes para que o *software* seja adequado às necessidades do processo de ensino e aprendizagem. O processo de desenvolvimento de *softwares* educativos precisa envolver, tanto as questões técnicas de funcionamento do sistema, quanto os aspectos didáticos e pedagógicos que constituem a base do processo de ensino e de aprendizagem (Lacerda, 2007). Ou seja, é preciso levar em conta que, no processo educativo, “uma boa parte do processo não é informatizável, pois acontece no cérebro da criança e/ou do professor” (Lacerda, 2007), considerando-se que cada sujeito é singular e requer atenção.

Neste artigo, tem-se como objetivo apresentar a arquitetura de um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) para o ensino de Probabilidade e Estatística, o Stat1, o qual foi desenvolvido com aporte no currículo escolar brasileiro e com a participação de professores em exercício.

2. STAT1: PROCESSO DE ELICITAÇÃO DE REQUISITOS

O Stat1 é um Ambiente Virtual de Aprendizagem para o ensino de Probabilidade e Estatística que foi desenvolvido em uma pesquisa de Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/Brasil. Tal ambiente foi desenvolvido por uma equipe multidisciplinar: profissionais da área da educação, matemáticos e desenvolvedores de sistemas. O delineamento das propostas se deu com base nos documentos curriculares oficiais (Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1997), Diretrizes Curriculares Nacionais (Brasil, 2013) e municipais (Ponta Grossa, 2015)) e nas práticas docentes, analisadas em uma pesquisa aplicada com professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental de uma cidade do estado do Paraná/Brasil.

O Stat1 teve como aporte metodológico de desenvolvimento, a metodologia Ágil, mais especificamente o *Scrum*, o qual permite manter o desenvolvimento de *software* sempre ativo. O *Scrum* possui artefatos próprios de desenvolvimento e segue algumas etapas desde o início do projeto até sua finalização. No projeto do Stat1 seguiu-se apenas alguns dos artefatos e das etapas, como o levantamento de requisitos; a criação do *Backlog* de Produto e o Planejamento de *Releases*.

Para o levantamento de requisitos foi realizada a leitura dos documentos curriculares oficiais e foi aplicado um questionário piloto a 37 professores, que buscou levantar o que eles trabalhavam de Probabilidade e Estatística em suas aulas e como faziam isso (Dias, Pereira e Santos Junior, 2019). Com isso foram desenvolvidas as primeiras propostas para o AVA, ou seja, do protótipo do ambiente. Esse protótipo foi apresentado a 17 professores, em um encontro de coparticipação no desenvolvimento, no qual, foram coletadas as histórias de usuário, para o levantamento dos requisitos e geração do *Backlog* de Produto.

Cada professor, participante do encontro, recebeu um cartão (Figuras 1 e 2), no qual deveria descrever qual funcionalidade desejava para cada ferramenta do AVA e o porquê de tal solicitação (histórias de usuário). Algumas dificuldades foram notadas nas descrições dessas histórias, pois, alguns professores demonstraram receio e não conseguiram exprimir com clareza seus anseios e os motivos pelos quais solicitavam determinadas funcionalidades para o AVA (Figura 2). Esse fato pode ter ocorrido pela pouca familiaridade dos professores com projetos de desenvolvimento de *softwares* educativos (Dias, 2016) ou com *softwares*, em geral.

Figura 1. Exemplo de história de usuário
Fonte: da pesquisa, 2015

Figura 2. Exemplo de história de usuário sem definição de motivo
Fonte: da pesquisa, 2015

Nota-se, na Figura 2, que o professor(a) solicita uma funcionalidade específica para uma das ferramentas do AVA, no entanto, não define o porquê de tal solicitação. Em muitos outros cartões, também, não há a especificação do porquê das solicitações, isso demonstra que, talvez, essa funcionalidade não seja tão necessária, já que não há uma justificativa de sua existência no sistema.

De acordo com o *Backlog* de Produto gerado, o Stat1 foi desenvolvido com as funcionalidades especificadas no diagrama de caso de uso apresentado na Figura 3.

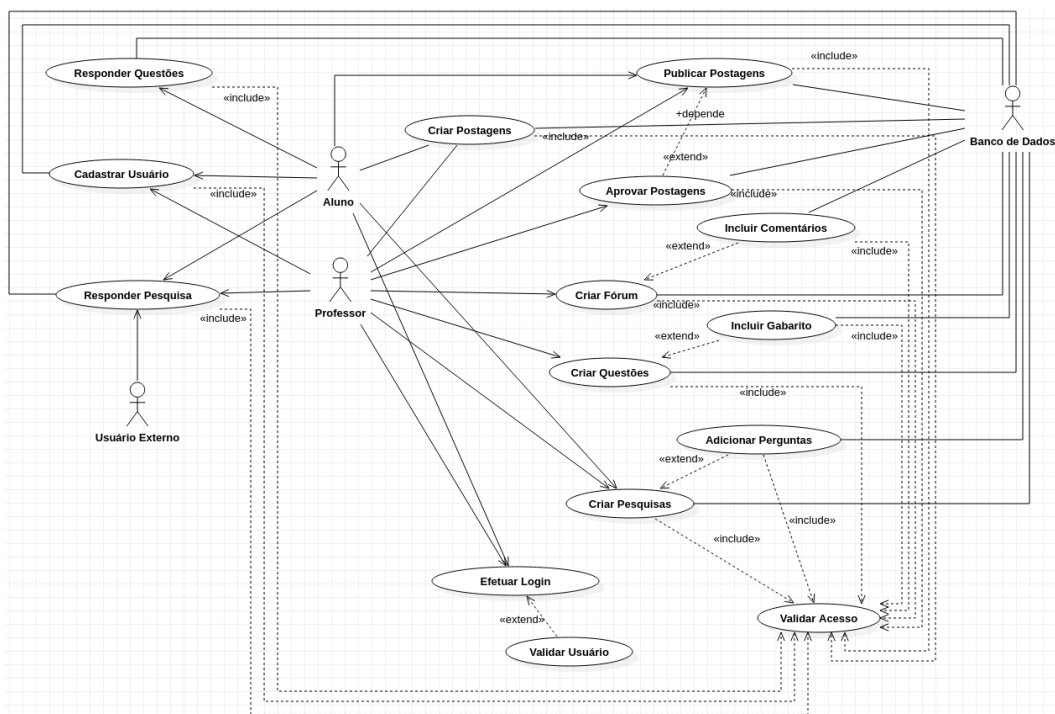


Figura 3. Diagrama de Caso de Uso do Stat1

Fonte: elaborado pelos autores

Como se observa no diagrama, a interação no Stat1 está projetada de acordo com três perfis de atores: aluno, professor e usuário externo. O Stat1 tem seis ferramentas: Conceitos; Pesquisa; Blog; Plano de Aula; Leitura e Fórum. Conceitos é um espaço destinado aos conceitos referentes à Probabilidade e Estatística. Tal ferramenta foi idealizada de forma que alunos, professores e usuários externos tenham acesso a conceitos e possam entender melhor as questões referentes à Probabilidade e Estatística.

A Pesquisa possibilita a interação com as etapas de uma investigação Estatística. Permite que professores e alunos construam um instrumento de pesquisa e que colem dados a partir do mesmo. Ainda, é possível responder a pesquisas e visualizar as já realizadas. Usuários externos têm acesso a essa ferramenta e podem responder às pesquisas em andamento. O usuário cadastrado como professor pode responder; cadastrar; publicar e avaliar uma pesquisa (obter os resultados após as respostas dos demais usuários). O aluno poderá responder a uma pesquisa em andamento, cadastrar; enviar para a publicação e avaliar uma pesquisa. Ao enviar para a publicação o professor receberá essa pesquisa, avaliará e, caso haja necessidade de alterações, retornará ao aluno para as correções necessárias.

O Blog é um espaço de compartilhamento de informações a respeito das investigações estatísticas realizadas na turma. O intuito é de que sejam realizadas análises sobre os dados coletados e de que a turma possa descrever os dados e as conclusões, utilizando-se das terminologias probabilísticas e estatísticas adequadas. O usuário externo terá acesso aos textos postados no Blog, entretanto, somente usuários cadastrados poderão escrever tais textos. A publicação fica restrita aos professores, ou seja, os posts criados pelos alunos serão encaminhados para o professor, o qual fará a leitura e observará a necessidade de correção. Após isso, retornará ao aluno para que ele faça as alterações sugeridas e possa submetê-lo novamente para a publicação.

Plano de Aula é um espaço para a divulgação de planos de aula que se utilizem do Stat1, ou não, para o ensino de Probabilidade e Estatística. É uma proposta para que os professores compartilhem suas ideias e práticas. Usuários externos, alunos e professores poderão visualizar os planos de aula, entretanto, somente o usuário com o perfil de professor poderá cadastrar e publicar um plano de aula.

Leitura constitui-se em um espaço com textos e *links* de referências externas que tratam dos conteúdos de Probabilidade e Estatística: artigos, pesquisas, vídeos, entre outros. Essa ferramenta foi pensada com o intuito de auxiliar o professor na busca por sua própria formação, considerando que a leitura pode trazer conhecimentos importantes para o ensino de Probabilidade e Estatística. O acesso e gerenciamento da

ferramenta se dará apenas para usuários cadastrados como professores, ou seja, somente professores poderão indicar textos neste espaço.

O Fórum é semelhante aos fóruns comumente encontrados em ambientes virtuais. Composta de um espaço que possibilita a postagem de dúvidas e a troca de experiências entre os docentes. O acesso e o gerenciamento dessa ferramenta são possibilitados aos usuários cadastrados como professores, que terão a oportunidade de incluir temas de discussão e comentar as postagens dos colegas. O professor poderá cadastrar tópicos de discussão para o fórum e poderá comentar e discutir sobre os temas propostos por outros professores.

2.1 Arquitetura

Para que o Stat1 possa ser acessado em diferentes plataformas e para facilitar o desenvolvimento futuro de outras áreas, ou de reutilização de algumas de suas partes para o desenvolvimento de outras ferramentas, utilizou-se o modelo arquitetural REST (*Representational State Transfer*) (Fielding, 2000). A Figura 4 apresenta o modelo arquitetural do Stat1.

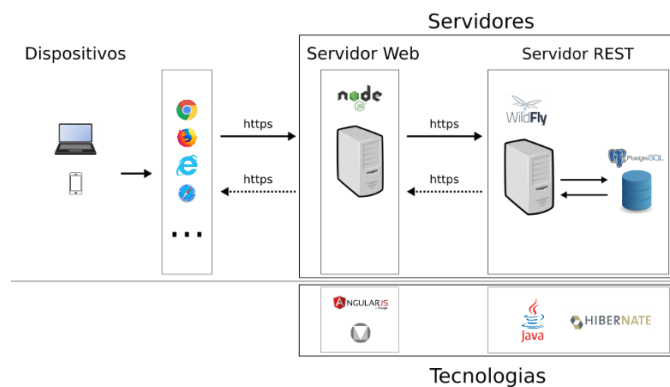


Figura 4. Arquitetura do Stat1
Fonte: elaborada pelos autores

Como apresentado na Figura 4, o usuário acessa a interface do Stat1 utilizando um navegador de *Internet*. O *front-end* do ambiente está hospedado em um servidor *web NodeJs*, que por sua vez executa requisições *REST* ao servidor *back-end WildFly*, o qual consulta os dados no banco de dados *PostgreSQL*.

Para a representação dos dados utilizou-se *JSON (JavaScript Object Notation)*, embora seja possível a transmissão em outros formatos. Com o formato de arquivo *JSON* é possível estruturar os dados de forma mais compacta que em formatos como *XML*. Como se trata de um *software* educativo, este aspecto é extremamente importante, pois é preciso considerar o acesso à rede das escolas brasileiras, que nem sempre contam com uma banda de boa velocidade.

As demais tecnologias utilizadas no desenvolvimento do Stat1 foram: *Java Enterprise Edition (JEE 8)*, *AngularJS*, *Material Design*, *Hibernate*. Como a equipe de desenvolvimento do Stat1, contou apenas com um desenvolvedor com expertise na tecnologia *Java*, isso possibilitou maior produtividade em menor tempo. Além disso, aproveitou-se da estabilidade, suporte da comunidade e robustez dessa tecnologia. Optou-se pelo *AngularJS*, por possuir uma curva de aprendizado relativamente baixa e, considerando a facilidade para manipulação das páginas *Web*, consumo dos serviços *REST* e por proporcionar maior interatividade ao usuário, definiu-se o desenvolvimento da interface do usuário com essa tecnologia. O *Material Design* foi escolhido por oportunizar melhor experiência ao usuário, aproveitando o *know-how* dos engenheiros do *Google*, criadores desse conceito de *design*. Além disso, é facilmente configurado com o *AngularJs*. Já o *Hibernate ORM*, foi usado para deixar o Stat1 mais flexível possível e para facilitar sua manutenção.

Para armazenamento dos dados, optou-se pela utilização do banco de dados *PostgreSQL*, pelo fato de ser um poderoso sistema de banco de dados objeto-relacional de código-fonte aberto. O servidor *Wildfly* foi utilizado, para a execução do *back-end*, pela compatibilidade com a tecnologia *JEE* e por ser um servidor *Web* que proporciona inicialização rápida, desempenho e escalabilidade, facilidade de administração, de

código aberto (*open source*). E, para executar o ambiente *front-end* do Stat1, optou-se pelo *Node.js*, por ser um servidor leve, de código aberto e de fácil implantação e escalabilidade.

Por se tratar de um ambiente público e com poucos recursos a serem investidos, buscou-se utilizar tecnologias gratuitas ou *open source* para o desenvolvimento e disponibilização do Stat1. Vale ressaltar que, embora sejam gratuitas e de código aberto, são tecnologias muito utilizadas no mercado, inclusive por grandes empresas e administrações públicas.

3. CONCLUSÃO

Com as tecnologias utilizadas na criação do Stat1, foi possível desenvolver um ambiente virtual com possibilidades de complementação e melhorias. As complementações poderão ser realizadas de acordo com as necessidades dos usuários e dos pesquisadores da Educação Estatística, integrantes, ou não, do grupo de pesquisa no qual se originaram as primeiras ideias sobre suas funcionalidades. Além disso, há possibilidades de reutilização de partes do ambiente na construção de propostas para outros conteúdos e disciplinas curriculares.

O intuito foi de construir um ambiente que, apesar de, neste momento estar disponível para acesso apenas em navegadores *Web*, no futuro, seja possível evoluir sua estrutura com a criação de novos serviços, ou, ainda, que permita o acesso por meio de dispositivos móveis, com desenvolvimento nativo para a respectiva plataforma, consumindo os mesmos serviços. Isso, também, facilita a continuidade do trabalho dentro da comunidade de pesquisa, pois o Stat1 pode agregar novas ferramentas para se adequar a outros conteúdos e linhas de estudo. As ferramentas do Stat1 permitem acesso e gerenciamento por diferentes atores e se oportuniza a interação entre eles.

Mais informações sobre o Stat1 podem ser obtidas em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1873> e em <http://dx.doi.org/10.5965/2357724X06112018262>.

REFERÊNCIAS

- AngularJS, 2019. Architecture overview. <https://angularjs.org/>
- Brasil, 1997. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática, 1º e 2º ciclos do ensino fundamental*. Ministério da Educação. Secretaria do Ensino Fundamental. Brasília, DF.
- Brasil, 2013. *Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica*. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI.
- Dias, C. de F.B., Junior, G. dos S., and Lima, R.D., 2018. Produto educacional para o ensino de Probabilidade e Estatística: Stat1. *Boletim Online de Educação Matemática (BoEM)*. Vol. 6, No. 11, pp. 262–281.
- Dias, C. F. B., 2016. *Ambiente virtual de aprendizagem para o ensino de probabilidade e estatística nos anos iniciais do ensino fundamental*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa.
- Fielding, R. T., 2000. *Architectural styles and the design of networked-based software architectures*. Dissertação de Doutorado Dept. of Information and Computer Science, University of California, Irvine.
- Hibernate ORM, 2019. Your relational data. Objectively. <http://hibernate.org/orm/>
- Lacerda, R. de A., 2007. *Proposta de um modelo para análise de requisitos de software educativo*. Dissertação de Mestrado em Educação, Universidade de Brasília, UNB, Brasília/Distrito Federal.
- Material Designer, 2019. Introduction. <https://material.io/design/introduction>
- Node.js, 2019. About Node.js. <https://nodejs.org/en/about/>
- Oracle, 2019. Java™ EE at a Glance: <https://www.oracle.com/technetwork/pt/java/javaee/overview/index.html>
- Ponta Grossa, 2015. *Diretrizes curriculares: ensino fundamental*. Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, Secretaria Municipal de Educação. Ponta Grossa, Brasil.
- PostgreSQL, 2019. About. <https://www.postgresql.org/about/>
- WildFly, 2019. What is WildFly? <https://wildfly.org/about/>

REFLEXIONES SOBRE EL DERECHO FRENTE A LAS TECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS

Margarita Robles Carrillo

*Profesora Titular de Derecho Internacional Público
Universidad de Granada, España*

RESUMEN

La evolución de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) constituye un desafío para el Derecho, en particular, con las llamadas tecnologías disruptivas entre las que destaca la inteligencia artificial (IA). El debate sobre la IA se ha centrado en sus aspectos tecnológicos y éticos, mientras que se ha infravalorado o soslayado la función del Derecho. La necesidad de proceder a la regulación de la IA se ha puesto de manifiesto en el marco institucional y doctrinal. El estudio de la práctica muestra que son muy pocos los Estados que ha adoptado medidas nacionales y, en el marco internacional, la mayoría de las iniciativas están localizadas en organizaciones regionales en las que participan los países tecnológicamente desarrollados. Esta situación no significa que exista un vacío legal. El Derecho internacional tiene mecanismos de respuesta que permitan configurar el marco normativo necesario para la gobernanza de la IA.

PALABRAS CLAVE

Inteligencia Artificial, Gobernanza, Estrategias, Derecho Internacional

1. INTRODUCCIÓN

La evolución de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) constituye un desafío para la humanidad en su conjunto y, académicamente, en particular, para las disciplinas filosóficas o científicas que se dedican al estudio de la sociedad y de los modelos de comportamiento diseñados para su organización y funcionamiento. Mientras que, técnicamente, el desarrollo se produce en progresión geométrica, en esas otras esferas de conocimiento, ni siquiera se alcanza un ritmo aritmético. No es extraño que se haya recurrido a la expresión “tecnologías disruptivas” para calificar estos avances de las TIC. Entre ellos que destaca, por su alcance y potencial, la inteligencia artificial (IA), razón por la cual es el objeto principal de este trabajo.

La IA es una tecnología que se compara con la inteligencia humana o, incluso, aspira a mejorarla o superarla. La denominada IA general (IAG), la super-inteligencia (Castel y Castel, 2016) o la singularidad sirven para designar algo más que objetivos tecnológicos. Desde hace tiempo, la idea de una IA ha alimentado utopías y distopías. Desde una perspectiva científica, plantea principalmente tres órdenes de problemas. En primer lugar, no existe una definición generalmente aceptada de IA (Scherer, 2016: 359-362), ni siquiera el concepto mismo está exento de polémica. En segundo término, a causa o como consecuencia de ello, se parte con frecuencia de dos presupuestos erróneos: por una parte, una visión antropomórfica de la IA, generalizada y alimentada especialmente por la literatura y los medios de comunicación, que no se corresponde con la realidad; y, por otra, una concepción unitaria de la IA que tampoco es real porque no todos los artificios, procesos o programas incluidos dentro de esa categoría genérica constituyen algo más que un componente mecánico que se encuentra lejos de merecer la calificación de inteligente. En tercer lugar, el estudio de la doctrina científica pone de manifiesto que, a pesar del reconocimiento del alcance global y de la naturaleza transversal de la IA, el debate se ha centrado en sus aspectos tecnológicos y éticos, mientras que se ha infravalorado o soslayado la necesidad de abordar el discurso jurídico (Wagner, 2018: 1).

El estudio de la IA plantea problemas conceptuales, funcionales, analíticos, prácticos y, también, jurídicos. El objetivo de este trabajo es justificar la necesidad y la importancia de articular el discurso jurídico sobre la IA, identificando y relocalizando los aspectos principales de ese debate (Sección 2.1), considerando la situación práctica (Sección 2.2) y planteando la metodología jurídica de respuesta al problema de la regulación de la IA (Sección 2.3).

2. EL DISCURSO JURÍDICO

La gobernanza de la IA está siendo objeto de un amplio y valioso debate en el que se advierte un problema principal: no hay un lenguaje común, ni una metodología única o realmente interdisciplinar. Al protagonismo lógico de sus aspectos tecnológicos se ha sumado una invocación generalizada, abrumadora por sus aportaciones y, en ocasiones, errónea de su dimensión ética. El error resulta no solo de la confusión entre lo ético y lo jurídico sino, sobre todo y es lo más preocupante, de una percepción sesgada de la ética.

2.1 El Debate sobre la IA

La tecnología (a) y la ética (b) están protagonizando el debate sobre la IA situándolo en un marco científico y metodológico simplificador respecto del objeto de estudio y excluyente para otras áreas de conocimiento como el derecho (c).

a) En el primer caso, la situación parece lógica en la medida en que la IA es una creación tecnológica, pero hay que valorarla con cautela. En la doctrina ya se está advirtiendo sobre los peligros de sustituir la “governance of technology” por una “governance by technology” (DeNardis y Musiani, 2014). Benvenisti reflexiona críticamente sobre una “Governance by machines” (Benvenisti, 2018:56). Danaher utiliza el término “algorocracy” para designar “a threat to the legitimacy of public decision-making processes, which is posed by opacity of certain algocratic governance systems” (Danaher, 2016). Habermas utiliza, asimismo, el discurso de la legitimidad para cuestionar esta situación (Habermas, 1986). En definitiva, la aproximación tecnológica es incompleta y, en consecuencia, insuficiente. La sacralización de la tecnología puede convertir los medios en fines y revertir las prioridades, en particular, la construcción histórica de un orden social basado en criterios de legitimidad democrática.

b) El debate ético sobre la IA es muy necesario, pero está resultando deficitario desde una perspectiva cuantitativa, cualitativa, funcional y teleológica. Por una parte, la acumulación creciente de propuestas éticas, prácticamente inabarcables, no permite separar fácilmente lo importante de lo accesorio, ni facilita un diálogo transparente y con conocimiento. Más no es necesariamente mejor. Por otra parte, la calidad de las propuestas es globalmente discutible por dos motivos: 1) La autoría de la inmensa mayoría de ellas corresponde a actores públicos o privados situados en Estados tecnológicamente desarrollados que están debatiendo sobre IA, mientras que apenas existen aportaciones de la mayoría de los países, carentes de esa tecnología; y 2) Las propuestas responden mayoritariamente a la idea de una ética única o universal o de unos valores homogéneos comunes igualmente válidos para todas las personas, sociedades o civilizaciones cuando no existe una ética universal, aunque algunos de sus contenidos puedan ser generales o ampliamente compartidos (Castel y Castel, 2016: 13). Por último, en el plano funcional y teleológico, el problema reside en confundir los principios éticos con los jurídicos, cuando los primeros, a diferencia de los segundos, no son obligatorios o vinculantes por naturaleza de manera que no hay garantías sobre su observancia y respeto más allá del compromiso voluntario de cada sujeto. En la doctrina, Castel y Castel y Wagner, entre muchos otros, han advertido con sólidos argumentos sobre esta inquietante tendencia.

Los principios éticos no son obligatorios, ni pueden imponerse. No son universales ni tampoco homogéneos. La ética y el derecho establecen modelos de comportamiento necesarios para la organización y el funcionamiento de la sociedad, pero son distintos en su alcance y naturaleza. Las normas jurídicas son obligatorias, cuentan con una legitimidad propia y su cumplimiento se encuentra garantizado jurídica y judicialmente¹. Las diferencias son evidentes y cada disciplina cumple su función.

c) El discurso jurídico sobre la IA resulta controvertido, básicamente, por dos motivos: 1) La importancia otorgada a la perspectiva ética, infravalorando o soslayando la necesidad de normas jurídicas vinculantes; y 2) La afirmación de la existencia de un vacío legal (Scherer, 2016: 356). La necesidad y la importancia de regular la IA cuentan, sin embargo, con un amplio apoyo institucional y doctrinal (Castel y Castel: 2016). Como advierte Maas, jurídicamente, “the rise of AI is clearly set to lead to urgent new questions for global governance” (Maas, 2019: 5). Burri reconoce que “the numerous processes currently under way are creating

¹ Un valor como la dignidad humana constituye simultáneamente un principio ético y un derecho. Desde la perspectiva ética, la dignidad puede ser objeto de diferentes interpretaciones como consecuencia de las concepciones y tradiciones culturales, ideológicas o religiosas y, en todo caso, carece de mecanismos para garantizar su respeto porque traduce un compromiso voluntario del sujeto con la idea. Desde la perspectiva jurídica, la dignidad es un derecho reconocido internacional y constitucionalmente con un alcance y un significado precisos y con mecanismos de garantía de su cumplimiento.

international standards (...). The standards will be a kind of supersoft law they will be persuasive on their merits and imbued with a strong compliance pull, despite their non-binding form” (Burri, 2017: 106). Siguiendo a Boutin, “addressing responsibility and other regulatory and governance challenges is essential to advance the promises of new technologies, and international law can provide a platform for this endeavor” (Boutin, 2018: 7). En su opinión, en particular, “International law and international institutions can help addressing these challenges in a number of ways, by (1) coordinating the development of private standards, (2) adapting existing norms and concepts and filling regulatory gaps, and (3) providing frameworks for responsibility” (Boutin, 2018: 5). El análisis de la práctica pone de manifiesto que, tanto a nivel interno como internacional, hay que abordar la definición de la gobernanza de la IA.

2.2 La Situación Práctica

En un estudio publicado en julio de 2019 se advierte que solo 41 de los 193 Estados miembros de Naciones Unidas está trabajando en la preparación de medidas de gobernanza de la IA. Solo 19 han adoptado una estrategia o un plan nacional. Estados Unidos, China y la Unión Europea (UE) protagonizan el desarrollo de la IA a nivel mundial, pero cada uno traslada un modelo propio de desarrollo y comprensión de la misma. El rédito económico, el control de los ciudadanos y la visión humano-céntrica son, respectivamente, los parámetros que definen cada uno de aquellos modelos (López de Mántaras, 2019). Las estrategias nacionales no responden a patrones comunes, mientras que la acción en el plano internacional se caracteriza por la presencia de una multiplicidad de organizaciones y foros de discusión (a) y la prevalencia de estructuras de cooperación con una representación mayoritaria de países desarrollados (b).

a) La IA está siendo considerada en una pluralidad de organizaciones y foros regionales e interregionales, como corresponde a su importancia. Pero, con frecuencia, se producen solapamientos o duplicación del trabajo, siendo esta una situación poco recomendable en términos de economía y transparencia de los procesos. El caso de la UE es emblemático. En abril de 2018, la UE y sus Estados miembros aprueban una Declaración sobre cooperación en Inteligencia Artificial. En diciembre, la Comisión y los Estados miembros publican el Plan Coordinado Europeo sobre la Inteligencia Artificial. En abril de 2019, la Comisión adopta la Comunicación “Generar confianza en la inteligencia artificial centrada en el ser humano” y las “Directrices éticas para una Inteligencia Artificial Confiable”. La sucesión de actos podría estar justificada. Pero no se explica la acumulación de estructuras y foros de discusión: el Grupo Europeo de Ética en Ciencia y Nuevas Tecnologías; el proyecto AI4People; el Grupo de Expertos de Alto Nivel sobre Inteligencia Artificial; y la Alianza Europea para IA.

b) Además de la UE y el Consejo de Europa, la OCDE, el G-7 y el G-20 están centralizando el debate sobre la gobernanza de la IA. El 22 de mayo de 2019, el Consejo de la OCDE adopta la Recomendación sobre la Inteligencia Artificial que es un documento, jurídicamente no vinculante, que marca las directrices que han acordado los Estados como principios rectores de la IA y para la cooperación internacional y el desarrollo de políticas internas. El 9 de junio de 2019, en la reunión ministerial celebrada en Tsukuba, el G-20 apoya esta recomendación. El G-7 adopta en junio de 2018 la “Charlevoix common vision for the future of artificial intelligence” que, con una estructura diferente, marca prácticamente los contenidos de la Recomendación adoptada por la OCDE. Los trabajos se desarrollan, en consecuencia, en un marco regional o interregional del que están ausentes los países menos desarrollados cuando, por la entidad del tema, habría de ser un debate universal.

En el contexto general de Naciones Unidas, no se ha articulado una respuesta global al tema de la gobernanza de la IA, sino que se está operando en ámbitos concretos con un grado de desarrollo desigual. En el informe “A United Nations system-wide strategic approach and road map for supporting capacity development on artificial intelligence” se propone un modelo de gobernanza multi-stakeholder y la atribución del liderazgo a la UIT como marco institucional centralizador de la actividad en esta materia. El Grupo de Alto Nivel sobre Cooperación Digital ha presentado una interesante propuesta de gobernanza ubicada dentro del sistema de Naciones Unidas que debe ser “inclusive (of multiple stakeholders), anticipatory (of fast-progressing AI technologies and impacts), responsive (to the rapidly evolving technology and its uses) and reflexive (critically reviews and updates its policy principles)”. Esta propuesta defiende la aplicación de los principios de derecho internacional y plantea varias modalidades de gestión: una agencia especializada de la ONU, una organización vinculada como la OMC o un órgano subsidiario de la Asamblea General.

El estudio de la práctica pone de manifiesto que no hay un modelo de gobernanza a nivel universal, la mayoría de las iniciativas están protagonizadas por organizaciones regionales compuestas por países tecnológicamente desarrollados y, en el plano nacional, son muy pocos los Estados que han elaborado propuestas sobre IA. Ante esta situación, de escasos y limitados avances y compromisos, hay quien ha afirmado la existencia de un vacío legal. No es cierto. Hay modalidades de respuesta jurídica para la IA.

2.3 Metodología Jurídica de Respuesta

La gobernanza de la IA es, posiblemente, uno de los mayores desafíos para la sociedad y el derecho. La IA no es una categoría estanca, sino permeable, transversal, porque actúa sobre los elementos y realidades preexistentes alterando su organización y funcionamiento. No es, por tanto, comprensible desde modelos convencionales de pensamiento, ni es posible proceder a su gestión y regulación desde parámetros tradicionales, previos, creados para una sociedad en la que no existía un desarrollo científico y tecnológico de este alcance y naturaleza.

Maas distingue tres tipos de respuesta jurídica a tecnologías disruptivas como la IA: “legal development”, “legal displacement” and “legal destruction” (Maas, 2019: 2-4). La inviabilidad de las dos últimas opciones, acreditada jurídica y doctrinalmente, deja como única alternativa el primer nivel de análisis: el desarrollo jurídico. Esta metodología es válida en las diferentes situaciones que plantea la regulación de la IA. Moses explica, además, los cuatro supuestos que justifican el cambio jurídico como respuesta al cambio tecnológico, a saber: 1) La necesidad de crear nuevas normas específicas para regular, gestionar o prohibir determinadas técnicas o aplicaciones; 2) La incertidumbre jurídica sobre la manera de aplicarles el derecho en vigor; 3) El alcance incorrecto de la normativa porque fue creada con anterioridad de manera que puede incluir o excluir inadecuadamente conductas o situaciones; y 4) La obsolescencia jurídica porque, en ese nuevo contexto, la norma no es necesaria o no está justificada (Moses, 2007: 594-595).

En cualquier caso, con independencia del necesario desarrollo jurídico, no hay un vacío legal por varios motivos. En primer lugar, en Derecho internacional, hay principios y normas de naturaleza imperativa aplicables a cualquier ámbito de actividad. Dos ejemplos diferentes son la prohibición del uso o de la amenaza de la fuerza armada y la protección de los derechos y libertades de la persona. En segundo lugar, hay normas obligatorias asumidas por los Estados que puedan aplicarse por analogía a la IA. La protección de consumidores y las reglas en materia de responsabilidad serían extrapolables a este ámbito. En tercer lugar, hay normas que han de revisarse, pero no pueden cuestionarse, cuando se trata de aplicarlas en esta materia. Sería el caso de la protección de datos personales. Para terminar, habría que formular nuevas normas que respondan a los problemas específicos de este fenómeno como el principio de control humano o el estatuto jurídico de la IA.

3. CONCLUSIÓN

La gobernanza de la IA es difícilmente gestionable si no existe un concepto consensuado y aceptado, formulado jurídicamente, para dotarlo de mayor seguridad y garantías, sobre el que operar para garantizar la viabilidad del debate. Mientras que no exista acuerdo sobre el concepto difícilmente se podrá avanzar de un modo constructivo. Sobre la base de ese concepto, sería posible distinguir los dispositivos, programas o artificios que pueden ser o no calificados como IA y se podría, asimismo, establecer diferentes categorías que puedan requerir un tratamiento específico. En la conceptualización y categorización de la IA es fundamental adoptar una metodología interdisciplinar en la que, principalmente, la tecnología, la ética y el derecho contribuyan a establecer el modelo de gobernanza. El debate no puede quedar circunscrito a los técnicos, ni tampoco puede reducirse al establecimiento de principios éticos. La técnica es un medio y no un fin. La ética es un modelo de comportamiento voluntario, no universal, ni uniforme, que no puede ni, legítimamente, debe imponerse. El derecho es un instrumento de ordenación social que cuenta con mecanismos jurídicos y jurisdiccionales para garantizar su cumplimiento y cuenta, sobre todo, con el marco de legitimidad que ofrecen los procesos y sistemas normativos.

La IA requiere una regulación acorde a sus características y a su singularidad como objeto de conocimiento. El análisis de la práctica pone de manifiesto que, a nivel nacional, la mayoría de los Estados aún no ha desarrollado estrategias o planes de gobernanza. En el plano internacional, la situación tampoco es

satisfactoria. En el marco universal, la acción de Naciones Unidas es limitada. Mientras, las iniciativas desarrolladas a nivel regional o interregional evidencian una situación caracterizada por la pluralidad y diversidad de foros de debate y, lo que es más grave, por la monopolización del mismo por parte de los países más desarrollados. Esta situación no implica que exista un vacío jurídico. Es cierto que hay que realizar cambios jurídicos para afrontar el cambio tecnológico que implica la IA, pero asumiendo la fórmula del “Legal Development”.

Desde ese planteamiento, la ONU habría de asumir un rol principal, en particular, para evitar la sectorialización o la monopolización del debate por parte de los países más desarrollados. La aplicación de los principios de Derecho internacional de carácter imperativo al ámbito de la IA es, por su propia naturaleza, difícilmente cuestionable. Ello es válido, en particular, para materias como la seguridad internacional y la protección de los derechos y libertades fundamentales. Las normas obligatorias de carácter dispositivo también serían aplicables, directa o analógicamente, aunque pueden exigir adaptaciones para ajustarse a las características singulares de la IA. La creación ex novo de normas específicas para la IA será necesaria siempre y cuando aparezcan nuevas necesidades regulatorias o resulten insuficientes las normativas preexistentes.

La IA plantea tres grandes desafíos estructurales: un desafío social en la medida en que afecta a los derechos y libertades fundamentales del ser humano como tal y como componente de la sociedad; un desafío político, en la medida en que afecta a la organización y al funcionamiento del Estado de Derecho; y un desafío económico en cuanto altera los parámetros de desarrollo de los modelos económicos contribuyendo negativamente al aumento de las diferencias de desarrollo y al incremento de la denominada brecha digital. La respuesta a esos desafíos ha de ser la función esencial del marco de gobernanza de la IA.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el Gobierno de España, con fondos FEDER, a través del Proyecto TIN2017-83494-R.

REFERENCIAS

- Benvenisti, E., 2018. Upholding Democracy Amid the Challenges of New Technology: What Role for the Law of Global Governance. *The European Journal of International Law*, Vol. 29, No. 1, pp. 56 y ss.
- Boutin, B., 2018. Technologies for International Law & International Law for Technologies. In *Groningen Journal of International Law*, Vol. 6, pp. 1-8.
- Burri, T., 2017. International Law and Artificial Intelligence. In *German Yearbook of International Law*, Vol. 60, pp. 91-108.
- Castel, J.-G. and Castel, M.E., 2016. The Road to Artificial Super-intelligence: Has International Law a Role to Play?. In *Canadian Journal of Law and Technology*, Vol. 14, No. 1, pp. 1-15.
- Danaher, J., 2016. “The Threat of Algocracy: Reality, Resistance and Accommodation”. In *Philosophy and Technology*, Vol. 29, No. 3, pp. 245-268.
- DeNardis, L. y Musiani, F., 2014. *Governance by Infrastructure*. Disponible en: <https://ssrn.com/abstract=2730689> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2730689>.
- Habermas, J., 1986. *Ciencia y técnica como “ideología”*. Tecnos. Barcelona.
- López de Mantaras, R., 2019. Inteligencia artificial, robotización y cuarta revolución digital. In *Diálogos sobre democracias bajo control*, 8, Fundación Ernest Lluch, Ed. Milenio, Barcelona, 2019, pp. 45-70.
- Maas, M.M., 2019. International Law Does Not Compute: Artificial Intelligence and the Development, Displacement or Destruction of the Global Legal Order. In *Melbourne Journal of International Law*, Vol. 20, pp. 1-29.
- Moses, L.B., 2007. Why Have a Theory of Law and Technological Change? In *Minn. J.L. Sci. & Tech.*, Vol. 8, pp. 589-606.
- of diplomacy*. Disponible en: <https://www.diplomacy.edu/AI-diplo-report>.
- Scherer, M.U., 2017. Regulating Artificial Intelligence Systems: Risks, Challenges, Competencies, and Strategies. In *Harvard Journal of Law & Technology*, Vol 29, No. 2, pp. 354-400.
- Wagner, B., 2018. Ethics as an Escape from Regulation: From ethics-washing to ethics-shopping?. In M. Hildebrandt (Ed.). *Being Profiling. Cogitas ergo sum*. Amsterdam University Press. Amsterdam.

PROVA DE CONCEITO SOBRE IMPACTOS EPISTÊMICOS E ONTOLÓGICOS NA INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA DE TERMINOLOGIAS CLÍNICAS

Jeanne Louize Emygdio e Maurício Barcellos Almeida
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

RESUMO

Apresenta-se uma pesquisa em andamento cujo propósito é o de demonstrar por meio de uma prova de conceito, que abordagens ontológicas, para fins de interoperabilidade semântica, podem apresentar vantagens sobre aquelas que se valem de abordagens puramente linguísticas. A metodologia envolve uso de métodos léxicos e estruturais para combinar, mapear, alinhar e integrar terminologias clínicas, considerando amostras de vocabulários, precedidos ou não de escrutínio ontológico. Nesse momento da pesquisa, prevê-se uma análise qualitativa dos dados através da mensuração do grau de eficiência de cada abordagem – linguística ou ontológica – para prover integração entre as terminologias clínicas. Espera-se obter contribuições teóricas e práticas que permitam a descoberta e distinção dos aspectos ontológicos e epistêmicos inerentes às terminologias clínicas, e elucidem os desafios epistêmicos à interoperabilidade semântica, além de destacar a relevância da abordagem ontológica para mitigar problemas de interoperabilidade. Espera-se obter uma ontologia computacional de integração entre o SNOMED CT e a CID no âmbito da obstetria, documentada, a ser distribuída publicamente em formato aberto.

PALAVRAS-CHAVE

Interoperabilidade Semântica, Terminologias Clínicas, Representação do Conhecimento, Ontologias Formais

1. INTRODUÇÃO

Ecossistemas de saúde são domínios complexos onde elementos humanos, técnicos, processuais e regulatórios interagem, participando de práticas de busca por interoperabilidade sob diversas formas, nem sempre conhecidas ou bem compreendidas (ABNT, 2016; SCHULZ *et al*, 2017). Como resultado desta interação, uma grande quantidade de dados heterogêneos vem sendo criada e armazenada em silos de dados (SMITH, 2008) já há décadas, principalmente no domínio da Medicina. A articulação destes recursos durante a prestação do cuidado à saúde pode possibilitar um acesso consensual a dados, permitindo a construção de Prontuários Eletrônicos de Pacientes (PEPs) um mínimo integrados.

Com o propósito de uniformizar a comunicação no contexto médico, diversas organizações concorrem para o provimento de padrões, com destaque para a *International Organization for Standardization (ISO)*¹ e a *Health Level Seven International (HL7)*², para citar algumas. Assim, diversos padrões acabam por concorrer para alcançar, às vezes os mesmos fins, como por exemplo: SNOMED CT, CID, HL7, openEHR³, entre outros, resultando em sobreposições e redundâncias recorrentes, as quais, acrescidas da natureza distinta de cada padrão, comprometem a possibilidade de interoperabilidade no contexto das instituições de saúde (Schulz, Stegwee e Chronaki, 2019).

A presente pesquisa aborda questões que dificultam a interoperabilidade semântica no contexto médico. Para tal, adotam-se as seguintes premissas:

- i) a expressão "terminologias clínicas" (Schulz *et al*, 2017) é adotada como referência aos padrões terminológicos, a despeito da diversidade de suas nomenclaturas;

¹ Maiores informações em: <https://www.iso.org/home.html>. Acesso em: 16/09/2019.

² Maiores informações em: <https://www.hl7.org/>. Acesso em: 16/09/2019.

³ Maiores informações em: https://www.openehr.org/what_is_openehr. Acesso em 06/07/2019.

- ii) na Ciência da Computação, o volume expressivo de pesquisas neste entorno (Ochieng e Kyanda, 2018) direciona-se ao provimento de técnicas e ferramentas de alinhamento semântico de terminologias médicas (Euzenat e Shvaiko, 2007); na Ciência da Informação a ênfase recai na descoberta e distinção dos aspectos ontológicos e epistêmicos que permeiam as classificações, os desafios que a epistemologia impõe ao alcance de interoperabilidade semântica (Bodenreider, Smith e Burgun, 2004) e a forma como os fundamentos ontológicos podem ser empregados para mitigar tais problemas (Jansen, 2008; Smith, 2003);
- iii) duas abordagens são de interesse para os propósitos desse artigo com respeito a integração de terminologias clínicas:
 - a) a utilizada pelo Sistema de Linguagem Médica Unificado (UMLS), baseada na identificação de relações de sinonímia entre termos;
 - b) a de padronização prospectiva, desenvolvida pelo OBO *Foundry* (Smith et al., 2007) através do BioPortal aderente a princípios compartilhados para construção e distribuição de ontologias.

Na literatura científica encontram-se estudos relacionados à adoção do escrutínio ontológico em terminologias clínicas e voltados à melhoria na representação do conhecimento a partir da:

- i) correção de anomalias estruturais, definição de conceitos, relações e meta-classes (Schulz; Suntisrivaraporn e Baader, 2007; Bodenreider; Smith e Burgun, 2004);
- ii) melhoria na eficiência para descoberta de combinações terminológicas e economia de recursos de processamento em função do alinhamento a partir de ontologias de alto nível (Zhang e Bodenreider, 2005);
- iii) melhoria na identificação de fronteiras de conhecimento compartilhado entre terminologias clínicas visando sua harmonização para fins de mapeamento e evolução, tendo por base a definição de axiomas em linguagem OWL (Rodrigues et al, 2015).
- iv) Por outro lado, maior efetividade para detecção de erros estruturais e de classificação em terminologias clínicas podem ser obtidos a partir do uso de técnicas híbridas de métodos léxicos e estruturais (Bodenreider, 2018).

Apresenta-se então a pesquisa em andamento cujo propósito é demonstrar por meio de uma prova de conceito que abordagens ontológicas podem ser mais efetivas para fins de interoperabilidade semântica do que as que adotam práticas puramente linguísticas. Nesse momento, em que a pesquisa ainda se encontra em uma fase qualitativa, não se definiu exatamente em que aspectos tal efetividade vai se manifestar.

A metodologia envolve uso de métodos léxicos e estruturais para combinar, mapear, alinhar e integrar terminologias clínicas, precedidos ou não do escrutínio ontológico. Prevê-se uma análise qualitativa dos dados, através da mensuração do grau de eficiência de cada abordagem para prover integração entre as terminologias clínicas.

Espera-se obter contribuições teóricas e práticas que permitam a descoberta e distinção dos aspectos ontológicos e epistêmicos inerentes às terminologias clínicas, destaquem os desafios epistêmicos à interoperabilidade semântica e demonstrem a relevância da abordagem ontológica para mitigar problemas de interoperabilidade. Espera-se obter uma ontologia computacional de integração entre o SNOMED CT e a CID no âmbito da obstetrícia, documentada, a ser distribuída publicamente em formato aberto.

2. PESQUISA EM ANDAMENTO

A presente pesquisa busca responder a seguinte questão: De que forma ontologias podem contribuir para resolver questões que impedem a interoperabilidade semântica?

Seu objetivo geral é o de testar a integração de terminologias clínicas a partir de uma abordagem ontológica e a partir de uma abordagem linguística, verificando qual é a mais efetiva para fins de interoperabilidade semântica. Como objetivos específicos busca-se:

- i) identificar e distinguir os aspectos ontológicos e epistêmicos presentes nas terminologias clínicas;
- ii) identificar âncoras léxicas que estabeleçam fronteiras compartilhadas de conhecimento entre as terminologias clínicas;
- iii) identificar relações semânticas que possibilitem uma representação explícita do conhecimento que permeia as conexões entre as âncoras léxicas através da extração de relações hierárquicas;

- iv) identificar âncoras estruturais, através da comparação das relações semânticas previamente identificadas;
- v) demonstrar o grau de efetividade alcançado por cada tipo de abordagem, tendo como base o número de combinações terminológicas encontradas aliado ao percentual de evidências positivas para interoperabilidade que estes resultados representam.

2.1 Metodologia

Nesta seção serão descritos aspectos metodológicos adotados para definição das amostras, as justificativas e o processo completo de execução da pesquisa.

2.1.1 Definição das Amostras

O universo da pesquisa compreende as terminologias clínicas. A unidade de análise compreende os conjuntos de termos relacionados à área obstétrica e neonatal. Tal domínio foi selecionado por conveniência, seja por conta de pesquisas anteriores, seja pelo acesso a um Depto. de Obstetrícia.

Foram identificados 32 terminologias clínicas e três repositórios de ontologias de interesse para a pesquisa, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Terminologias clínicas e repositórios de ontologias selecionados para a pesquisa

QTD. TIPO	QUAIS	SEMÂNTICA
05 Taxonomias	ATC/DDD, CPT-4, DSM, HCPCS, ICD/CID, NANDA, ISO9999	Linguagem natural
06 Tesouros	ICECI, ICF, ICHI, MedDRA, MeSH, NCI	Linguagem natural
01 Meta-tesouros	SNOMED-CT	Mista
03 Frameworks	openEHR, HL7, IHE-PIX	Formal
04 Padrões técnicos	TISS, DICOM, LOINC, ISBT 128	Mista
13 Ontologias	BWW, DOLCE, UFO, GFO, SOWA, BFO, OntONeo, GO, CL, FMA, IAO, OBI, OGMS	Formal
03 Repositórios ontológicos	OBO Foundry, UMLS, Biportal	Formal

Selecionou-se a SNOMED CT, a CID e a OntoNEO, em função da perspectiva de contribuição social real ao país, a partir da:

- i) possibilidade de replicação do experimento base (Zhang e Bodenreider, 2005);
- ii) maturidade do repositório *OBO Foundry* em construção de ontologias biomédicas;
- iii) ortogonalidade da ontologia OntoNEO ao repositório mencionado e de sua tradução para o português, e,
- iv) presença de especialistas para validação dos resultados.

Foram identificadas até o momento amostras estratificadas por classes e propriedades, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Amostras estratificadas por classes e propriedades relacionadas ao domínio obstétrico e neonatal

TERMINOLOGIA CLÍNICA	GERAIS		SELECIONADAS	
	Classes	Propr.	Classes	Propriedades
SNOMED CT	347,077	216	Iniciando estudos	
CID	14.502	1	3 Capítulos (XV, XVI, XVII); 222 Categorias (O00-O99; P00-P96; Q00-Q99); 1.381 Sub-categorias.	
OntoNEO	1.767	451	1.767	451

2.1.2 Processo de Execução da Pesquisa

O processo de execução, em aderência aos objetivos específicos, encontra-se representado na Figura 1.

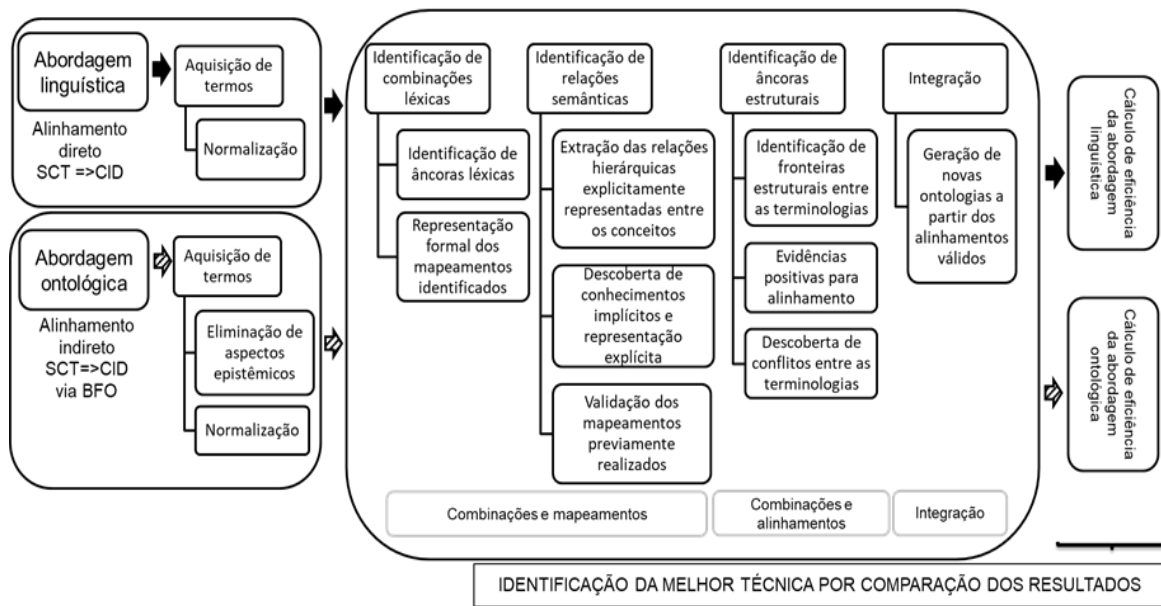


Figura 1. Processo de execução da pesquisa

A eficiência de cada abordagem para prover interoperabilidade semântica entre as terminologias clínicas será calculada como uma medida da proporção de evidências positivas para alinhamentos sobre o número total de combinações encontradas, conforme a equação:

$$Eficiência = \left(\frac{\text{número de evidências positivas para alinhamento}}{\text{total de combinações encontradas}} \right) \times 100.$$

3. CONCLUSÃO

O diferencial da pesquisa está na oportunidade de explicar como elementos epistêmicos presentes nas terminologias clínicas conduzem à definição de classes que não atendem à princípios de classificação bem fundamentados, impactando negativamente na comparação de termos para fins de alinhamento, mapeamento, integração e evolução.

Além disso, espera-se demonstrar que o uso de princípios ontológicos, uma vez que são usados para orientar a construção de taxonomias livres de erros, possibilita um aumento nas chances de descobertas precisas de âncoras léxicas, de relações semânticas e âncoras estruturais que caracterizem fronteiras compartilhadas de conhecimento entre as terminologias clínicas. Abre-se assim espaço para a definição de alinhamentos com economia de tempo e de recursos de processamento, em função da realização de comparações apenas de termos ontologicamente identificados.

O artefato ontológico poderá ser utilizado de forma embarcada em sistemas de informação, visando prover interoperabilidade semântica sobre os dados dos pacientes, adquiridos durante a prestação de cuidados de saúde em suas diversas especialidades.

AGRADECIMENTO

A pesquisa é subsidiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

- ABNT, 2016. *Informática em saúde: princípios para mapeamento entre sistemas terminológicos*. Norma ABNT ISO/TR 12300:2016: Norma ABNT ISO/TR. [s.l.] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.
- Bodenreider, O., 2018. *Evaluating the Quality and Interoperability of Biomedical Terminologies*. [s.l.] LHCNBC Board of Scientific Counselors.
- Bodenreider, O. et al., 2004. The Ontology-Epistemology Divide: A Case Study in Medical Terminology. *Formal ontology in information systems: Proceedings of the ... International Conference. FOIS (Conference)*, v. 2004, p.185.
- Euzenat, J.; Shvaiko, P., 2007. *Ontology Matching*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2007.
- Jansen, L., 2008. Chapter 7: Classifications. In: *Applied Ontology: An Introduction [Hardcover]*. 8. ed. German: Katherine Munn e Barry Smith, 2008. v. 9p. 342.
- Ochieng, P.; Kyanda, S., 2018. Large-Scale Ontology Matching. *ACM Computing Surveys*, v. 51, n. 4, p. 1–35.
- Rodrigues, J-M. et al., 2015. Semantic Alignment between ICD-11 and SNOMED CT. *Studies in Health Technology and Informatics*, v. 216, p. 790–794.
- Schulz, S. et al., 2007. SNOMED CT's problem list: Ontologists' and logicians' therapy suggestions. *Studies in health technology and informatics*, v. 129, p. 802–806.
- _____, 2017. Interface Terminologies, Reference Terminologies and Aggregation Terminologies: A Strategy for Better Integration. *Studies in health technology and informatics*, v. 245, p. 940–944.
- _____, 2019. Standards in Healthcare Data. In: Kubben, P.; Dumontier, M.; Dekker, A. (Eds.). *Fundamentals of Clinical Data Science*. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 19–36.
- Smith, B., 2003. Ontology. In: *The Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information*. Oxford: Luciano Floridi, 2003.
- _____, 2008. Ontology (Science). Formal Ontology in Information Systems: *Proceedings of the Fifth International Conference (FOIS 2008)*. Anais: 170. In: Formal Ontology in Information Systems Frontiers in Artificial Intelligence And Applications. IOS Press, 2008.
- Smith, B. et al., 2007. The OBO Foundry: coordinated evolution of ontologies to support biomedical data integration. *Nature biotechnology*, v. 25, n. 11, p. 1251.
- Zhang, S.; Bodenreider, O., 2005. Alignment of multiple ontologies of anatomy: deriving indirect mappings from direct mappings to a reference. *AMIA ... Annual Symposium proceedings. AMIA Symposium*, p. 864–868.

DETECCIÓN DE PATRONES DE COMPORTAMIENTO HUMANO EN AMBIENTES INTELIGENTES: UN MAPEO SISTEMÁTICO DE FUENTES SECUNDARIAS

María Luisa Córdoba-Tlaxcalteco y Edgard Benítez-Guerrero
Universidad Veracruzana, México

RESUMEN

En este trabajo se realiza un mapeo sistemático en fuentes secundarias de la literatura sobre el problema de detección automática de comportamiento humano en ambientes inteligentes. El contexto donde se presenta el problema es el área de Inteligencia Ambiental, que se dirige a tener espacios tecnológicamente enriquecidos que apoyen proactivamente a las personas en su vida diaria. Con el propósito de organizar la información recolectada, y presentarla en una forma sintetizada, se presenta una taxonomía con diferentes aspectos críticos del problema planteado, enfatizando los tipos de ambientes inteligentes, el grado de detalle en el nivel de representación de la figura humana y de su contexto, y las técnicas utilizadas para detectar comportamientos. El objetivo de éste trabajo es identificar áreas de oportunidad para la investigación en Inteligencia Ambiental.

PALABRAS CLAVE

Inteligencia Ambiental, Detección de Comportamientos, Mapeo Sistemático

1. INTRODUCCIÓN

Las sociedades humanas se desarrollan en entornos que son constantemente monitoreados para supervisar y mejorar la seguridad o el bienestar de sus integrantes (Bhardwaj 2018). La necesidad de automatizar los procesos de monitoreo y de detección de actividades humanas ha llevado a la creación del área de la Inteligencia Ambiental, término que se refiere a la parte de la Inteligencia Artificial dedicada a la generación de espacios físicos donde los seres humanos interactúan con tecnologías informáticas y de comunicación que le sirven de apoyo (Zhang 2016.). En este contexto, el reconocimiento automático de comportamientos humanos es un elemento crítico, ya que el sistema informático necesariamente debe conocer lo que sucede dentro del ambiente, a fin de responder o actuar ante ello.

El objetivo del presente trabajo es analizar el estado actual de los trabajos sobre el reconocimiento automático de comportamiento humano en ambientes inteligentes, así como identificar posibles líneas de investigación. Para ello realizamos un mapeo sistemático de fuentes secundarias. El método seguido para su elaboración se describe en la Sección 2. Los temas tratados por los trabajos consultados se distinguen en la Sección 3. Finalmente, se concluye en la Sección 4. Los resultados son un trabajo previo a una revisión exhaustiva en fuentes primarias, en donde se pretende analizar y clasificar documentos recientes sobre la detección de comportamientos con énfasis en modelos semánticos.

2. MÉTODO PARA LA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Un mapeo sistemático es un proceso de clasificación que permite el análisis cuantitativo de las diferentes clases o áreas de un determinado tema en la literatura. Este procedimiento se lleva a cabo en tres fases: i) definición de las preguntas de investigación, ii) búsqueda de documentos y iii) selección de documentos para inclusión o exclusión (Petersen 2015). A continuación, se describe la forma en que instanciamos este procedimiento para este trabajo.

2.1 Definición de las Preguntas de Investigación

La definición de las preguntas de investigación (Tabla 1) permite recuperar información relevante y una visión general del tema de interés. Con la intención de no forzar la búsqueda hacia un tema específico, se determina una cadena de búsqueda con los sinónimos de las palabras generales en inglés “behaviour”, “ambient intelligence”, y “survey”. La cadena de búsqueda fue: *(ambient or environment or space) and (smart or intelligent) and (behavior or behaviour) and (review or survey)*.

Tabla 1. Preguntas de investigación

P1 ¿En qué tipos de ambientes inteligentes se realiza el reconocimiento?
P2 ¿Qué representación del ambiente se utiliza en el reconocimiento?
P3 ¿Qué enfoques son usados para el procesamiento de la información del ambiente?
P4 ¿Qué tipos de comportamiento humano es reconocidos en la literatura?

2.2 Búsqueda de Documentos

Se analizaron documentos recientes en cuatro bases de datos científicas: Springer Link (link.springer.com), IEEE Xplore Digital Library (ieeexplore.ieee.org), ACM Digital Library (dl.acm.org) y ScienceDirect (sciencedirect.com). Ver Tabla 3.

2.3 Selección de Documentos para Inclusión y Exclusión

Los artículos que nos interesa incluir en este mapeo son publicaciones con relevancia para responder las preguntas de investigación. En consecuencia, es necesario establecer criterios de inclusión y exclusión, ver Tabla 2.

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión

Inclusión	Exclusión
Revisiones de la literatura.	No son revisiones de la literatura.
Se analiza la detección de comportamiento.	No se analiza la detección de comportamientos.
Publicados en el periodo 2010-2020.	Publicaciones anteriores al 2010.
Escritos en español o inglés.	No están escritos en español o inglés.
Artículos de revistas o documentos de conferencias.	Presentaciones de PowerPoint o similares.

Tabla 3. Documentos clasificados por base de datos científicas

	Springer	IEEE	ACM	SCIENCE DIRECT
Resultado de la búsqueda	285	36	165	76
Al aplicar los criterios de inclusión y exclusión	10	5	2	1

2.4 Análisis de la Información y Síntesis en una Taxonomía

Las preguntas de investigación en la Tabla 1 inducen una taxonomía u ordenamiento de los aspectos que en este trabajo son destacados como cruciales para la detección de comportamiento, y reflejan un aspecto crítico a considerar en el análisis y comparación de los diferentes trabajos sobre detección automática de comportamientos. La Figura 1 a continuación muestra en forma de esquema las variantes en cada aspecto.

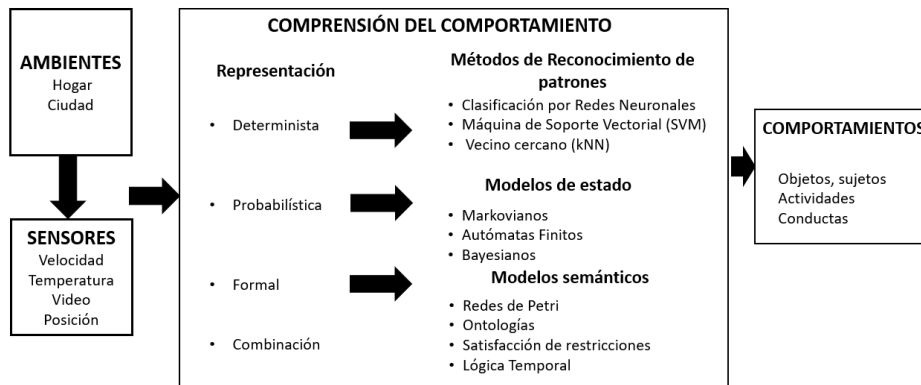


Figura 1. Esquema con los aspectos del problema de detección automática de comportamiento humano a revisar en la literatura

3. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de acuerdo al esquema en la Figura 1.

3.1 Ambientes Inteligentes

La identificación del tipo de ambiente inteligente es crucial, porque además de establecer el espacio físico de desarrollo de los comportamientos humanos, también determina en gran medida la aplicabilidad y la relevancia de la detección (Fahim 2019). Mientras que el desarrollo de sistemas de reconocimiento de actividades en casas, oficinas, o aulas inteligentes conllevan la generación de asistencia automática en la vida diaria de personas con menor o mayor grado de necesidad o vulnerabilidad (Vallabh 2018), otros trabajos están orientados a la organización de poblaciones humanas más complejas como las ciudades inteligentes, aeropuertos, estaciones de transporte urbano, etc. (Zhang 2016). El grado de complejidad del ambiente inteligente es muy importante, porque la automatización del reconocimiento de los comportamientos es un reto más grande en los ambientes complejos, que han sido recientemente abordados (Fahim 2019, Rodríguez 2014).

3.2 Sensores

El ambiente inteligente está caracterizado por las variables como la ocupación de personal en un espacio, y es por medio de un conjunto de sensores que se adquieren las características fundamentales del entorno físico. Éstas pueden ser físicas (velocidad, aceleración, temperatura), visuales (imágenes, video), espaciales (GPS, posición), biométricas (cardiografía, frecuencia respiratoria), y otras. De acuerdo al tipo de información que los sensores capturan, se puede clasificar a la red de sensores en dos tipos: biométricos, e video o combinación de ellos (Lowe 2014, Patel 2012). La fusión de diferentes tipos de datos es bastante común hoy en día.

3.3 Reconocimiento del Comportamiento

Una vez que se realiza el sensado del ambiente, el siguiente aspecto a considerar es la forma en que se organizan o procesan los datos, imágenes, videos, o cualquier otro tipo de registro. En este punto se distingue como primer punto la *representación o abstracción* de los registros, clasificando ésta en representaciones deterministas o no deterministas, como en Aprendizaje no Supervisado (donde no hay a priori una estructura en ellos (Fahim 2019), representaciones basadas en conocimiento y razonamiento, que asumen la existencia a priori de reglas lógicas que permiten inferir formalmente la presencia de actividades o comportamientos (Zhang 2016), o representaciones que toman en cuenta la incertidumbre inherente al reconocimiento de comportamiento, usando la Probabilidad como medida cuantitativa de esta incertidumbre (Zhu 2017). El siguiente aspecto, íntimamente relacionado con la representación del ambiente, es *la técnica*. Aquí se distinguen técnicas basadas en el concepto dinámico de estado, como son los modelos markovianos o los autómatas finitos (Amiribesheli 2015, Borazio2013), el procesamiento transformacional que considera a los datos como una imagen estática del ambiente (usando técnicas de Reconocimiento de Patrones, como Máquinas de soporte vectorial o Redes

Neuronales (Lussier 2019), y el procesamiento basado en el uso de etiquetas semánticas, el cual permite introducir a un lenguaje como elemento estructural del modelo. En este último tipo de procesamiento también es notable distinguir el uso de lenguajes gráficos o lógicos, como las Redes de Petri o las Ontologías (Rodríguez 2017).

3.4 Tipos de Comportamiento

En la literatura se identificaron diferentes grados de reconocimiento de comportamientos, desde nivel básico, intermedio y complejo. En lo básico se encuentra el reconocimiento de objetos (armas, objetos de trabajo, etc.), de sujetos (caras, silueta de personas o animales), o de cualquier otra característica elemental del ambiente (Zhu 2017). En un nivel intermedio se encuentra la detección de actividades entendidas como acciones desarrolladas en un corto intervalo de tiempo (deportes, actividades del hogar, anomalías, etc.), (Patel 2012). En el nivel complejo se encuentra el reconocimiento de patrones o tendencias en la realización de actividades, así como la detección de interacciones entre varias personas (Rohit 2017). La detección de un patrón de actividades o interacciones conlleva la comprensión de intencionalidad (como una persona que patea a otra para golpearla), la identificación de conjuntos de personas interactuando para realizar algo en grupo (como el control de multitudes), o la regularidad estadística de actividades a lo largo del tiempo (Fahim 2019).

En la Tabla 4 se resume la información obtenida al realizar el mapeo sistemático.

Tabla 4. Resultado de la búsqueda

DOCUMENTO	AMBIENTE	SENSORES	COMPRESIÓN DEL COMPORTAMIENTO	
			REPRESENTACIÓN	TÉCNICA
<i>Amiribesheli, M. et al, 2015.</i>	Hogar	Físicos, espaciales, y visuales	Determinista, probabilista y formal	Árboles de decisión, lógica difusa, redes neuronales artificiales, máquinas soporte vectorial, clasificador Naive Bayes, modelos ocultos de Markov, patrones emergentes y ontologías.
<i>Borazio, M. et al, 2013.</i>	Hogar	Wearables físicos	Probabilística	Modelos ocultos de Markov
<i>Fahim, M. et al, 2019.</i>	No específico	Visuales y Físicos	Determinista Y probabilística	Métodos estadísticos, modelos de aprendizaje automático y modelos de aprendizaje profundo.
<i>Lowe, S. A. et al, 2014.</i>	Hogar	Físicos, espaciales, visuales	No especificado	No especificado
<i>Lussier, M. et al, 2019.</i>	Hogar	Espaciales, visuales	Determinista	Aprendizaje supervisado y no supervisado
<i>Mahata, J., et al, 2017</i>	Varios	Video	Determinista	Red neuronal artificial, los modelos bayesianos, el modelo oculto de markov, el modelo de mezcla gaussiana, la máquina de vectores de soporte y el aprendizaje profundo
<i>Patel, S. et al, 2012.</i>	Hogar	Wearables y ambientales	No especificado	No especificado
<i>Rodríguez, N. D. et al, 2014.</i>	Hogar	Varios	Formal	Modelos lógicos formales, razonamiento
<i>Rohit, K. et al, 2017.</i>	Ciudad	Video	Determinista	Enfoque basado en objetos y enfoque basado en holística
<i>Vallabh, P. et al, 2018.</i>	Hogar	Wearables	Formal	Basados en reglas y aprendizaje automático.
<i>Zaidan, A. et al, 2018.</i>	Hogar	Video, espaciales	Determinista	Minería de datos
<i>Zhang, C, et al, 2016.</i>	Ciudad	Varios	Probabilístico	Análisis Estadístico

4. CONCLUSIÓN

De acuerdo con los documentos recuperados, los temas dominantes en el área son la aplicación de detección de comportamientos humanos en ambientes de la vida diaria, como hogares (67%) y ciudades (17%). En cuanto a los tipos extracción de información de entorno destaca el uso de wearables (25%) y video (17%). De acuerdo a la finalidad de realizar el reconocimiento, sobresale la vida asistida y salud (25%), el monitoreo de actividades de la vida diaria (25%) y detección de anomalías (25%). Respecto a las técnicas para la comprensión de comportamientos, se observa que la mayoría son con relación a los métodos de reconocimiento de patrones y modelos de estados (75%), y una minoría incluye en su taxonomía a los modelos semánticos (25%). En general se observa la tendencia de integrar tecnologías en software y hardware para crear ambientes inteligentes muy controlados. Existe el reto de extrapolar estos resultados a sistemas abiertos donde intervienen aspectos no controlados, como la agricultura inteligente, o en ambientes complejos ya sea por su dimensión (como las ciudades inteligentes), o por la complejidad de su interacción (como las aulas inteligentes). Naturalmente, hay aspectos que no fueron abordados en este mapeo sistemático. Por ejemplo la administración automática de cantidades masivas de datos o imágenes (Big Data, y las alternativas para el almacenamiento masivo), la reactividad del reconocimiento a cambios de comportamiento o contexto (aprendizaje incremental, lógica temporal), por mencionar solo algunos puntos.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue apoyado parcialmente por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México en el marco del proyecto de Cátedras “Infraestructura para Agilizar el Desarrollo de Sistemas Centrados en el Usuario” (Ref. 3053). Agradecemos también a CONACYT por la beca de Doctorado número 785914 del primer autor, así como a la Universidad Veracruzana por el apoyo para el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

- Amiribesheli, M. (2015). A review of smart homes in healthcare. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 6(4), 495-517. SPRINGER
- Borazio, M. (2013). Improving activity recognition without sensor data: a comparison study of time use surveys. In *Proceedings of the 4th Augmented Human International Conference* (pp. 108-115). ACM.
- Fahim, M. (2019). Anomaly Detection, Analysis and Prediction Techniques in IoT Environment: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 7, 81664-81681. IEEE.
- Gayathri, K. S. (2017). Probabilistic ontology based activity recognition in smart homes using Markov Logic Network. *Knowledge-Based Systems*, 121, 173-184. ACM
- Lowe, S. A. (2014). Monitoring human health behaviour in one's living environment: a technological review. *Medical engineering & physics*, 36(2), 147-168. SCIENCE DIRECT
- Lussier, M. (2019). Early Detection of Mild Cognitive Impairment With In-Home Monitoring Sensor Technologies Using Functional Measures: A Systematic Review. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 23(2), 838-847.
- Mahata, J., (2017). Recent advances in human behaviour understanding: A survey. In *2017 Devices for Integrated Circuit (DevIC)* (pp. 751-755). IEEE.
- Novitzky, P. (2015). A review of contemporary work on the ethics of ambient assisted living technologies for people with dementia. *Science and engineering ethics*, 21(3), 707-765. SPRINGER
- Patel, S. (2012). A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 9(1), 21. SPRINGER
- Petersen, K. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64, 1-18. SCIENCE DIRECT
- Rodríguez, N. D. (2014). A survey on ontologies for human behavior recognition. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 46(4), 43. ACM
- Rohit, K. (2017). A review on abnormal crowd behavior detection. En *Conferencia Internacional sobre innovaciones en sistemas de información, embebidos y Comunicación 2017 (ICIIECS)* (pp. 1-3). IEEE.
- Vallabh, P. (2018). Fall detection monitoring systems: a comprehensive review. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 9(6), 1809-1833. SPRINGER
- Zaidan, A. (2018). A review on intelligent process for smart home applications based on IoT: coherent taxonomy, motivation, open challenges, and recommendations. *Artificial Intelligence Review*, 1-25. SPRINGER
- Zhang, C. (2016). A review of occupant behavior models in residential building: Sensing, modeling, and prediction. In *2016 Chinese Control and Decision Conference (CCDC)* (pp. 2032-2037). IEEE.

SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE IRRIGAÇÃO (SIGI): CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Vanessa Robalo dos Santos, Marta Breunig Loose e Luís Henrique Loose

Instituto Federal Farroupilha

RS 218 - Km 5 – Bairro Indúbras - CEP 98806-700 – Santo Ângelo/RS - Brasil

RESUMO

A irrigação tem grande importância na agricultura, pois auxilia a manter uma produção constante em diferentes cultivos. Em consequência disso o uso da água é um fator indispensável. Para amenizar o desperdício desse recurso, este artigo apresenta uma etapa do desenvolvimento de um sistema usado para controlar a irrigação de plantações em pequenas propriedades, denominado SiGi. Atualmente o sistema calcula e apresenta o resultado da evapotranspiração diária das plantas, cálculo esse que é essencial na definição da quantidade de água necessária para cada tipo de cultivo. No decorrer do artigo serão apresentados os parâmetros para realizar o cálculo, bem como as tecnologias utilizadas na codificação do sistema. O objetivo do SiGi é fornecer ao pequeno produtor uma tecnologia adequada para o efetivo desenvolvimento da plantação. O sistema apresenta como resultados os cadastros dos dados da propriedade, dos cultivos, das plantações, das precipitações diárias, bem como fornece diariamente o resultado da evapotranspiração de referência.

PALAVRAS-CHAVE

Irrigação, Sistema Web, Evapotranspiração, Programação

1. INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada é uma ferramenta importante para suprir a grande demanda de produção de alimentos, devido ao aumento da população. Atualmente a agricultura irrigada produz mais de 40% dos alimentos do planeta (FAO, 2017). O processo de irrigar uma produção requer um estudo detalhado, pois existem muitas variáveis a serem consideradas antes de simplesmente fornecer água para a plantação. Encaixam-se nessas variáveis: as condições meteorológicas, a disponibilidade de água da região, o tamanho total da área a ser irrigada, o tipo de cultivo, o solo, dentre outros fatores que devem ser considerados. O manejo da irrigação, desde que bem planejado, pode trazer inúmeros benefícios para a plantação, sendo capaz de trazer aumento na produtividade, melhoria na qualidade dos produtos agrícolas, além de trazer maiores lucros ao produtor.

A disponibilidade de água é um dos principais fatores que torna possível o uso da irrigação. De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA, 2017), estima-se que o Brasil possua cerca de 12% da disponibilidade de água doce do planeta. Analisando esses dados e comparando ao grande aumento populacional, cresce cada vez mais a necessidade do uso racional e sustentável de água em todos os setores da economia. Além disso, no Brasil a irrigação tornou-se um fator importante contra a escassez de água em determinados períodos do ano, em que normalmente não ocorrem chuvas frequentes. Um sistema de informação que auxilie no controle da irrigação dos cultivos agrícolas, permite ao produtor irrigar na quantidade exata que a planta necessita, garantindo a qualidade, uma boa produtividade e, ainda, evitando o desperdício de água.

Nesse sentido, este trabalho visa apresentar o SiGi Sistema de Gerenciamento de Irrigação em sua primeira etapa de implementação finalizada. O sistema já apresenta o resultado da evapotranspiração de referência diária, além de possibilitar o cadastro da propriedade, dos cultivos, das plantações e das precipitações diárias.

1.1 Evapotranspiração

A evapotranspiração e a precipitação pluvial são os fatores determinantes para estimar a quantidade de irrigação necessária (Bernardo et al., 2006, p. 48). Para calcular a evapotranspiração, é necessária uma série de parâmetros relacionados à: condições meteorológicas, como a temperatura, a umidade do ar, a velocidade do vento, a radiação solar e a quantidade de chuva; ao solo, como a profundidade e a textura; e ao cultivo, como dossel vegetativo, a fase do ciclo e a época de cultivo. Segundo a FAO (1998) “a evapotranspiração (ET) é a combinação de dois processos separados pelos quais a água é perdida, por um lado a evaporação direta da superfície do solo e por outro lado, a transpiração das plantas”.

Existem vários métodos para determinar a evapotranspiração (Paiva & De Souza, 2016), mas o método Penman-Monteith é definido como o método padrão para cálculo da ETo (FAO, 1998). Para determinar a ETo é necessário calcular algumas equações. Sendo o primeiro cálculo o da tangente à curva de saturação do ar (S), o segundo cálculo corresponde à Pressão de Saturação do ar, a terceira equação a ser calculada é a Pressão de vapor, posteriormente calcula-se o saldo de radiação solar (Q*). Após a obtenção desses resultados calcula-se a evapotranspiração, através da equação de Penman-Monteith, mostrada na figura 1.

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Figura 1. Equação de Penman-Monteith para cálculo da evapotranspiração

Onde:

ETo: evapotranspiração de referência [mm dia⁻¹];

Rn: radiação líquida na superfície da cultura [MJ m⁻² dia⁻¹];

T: temperatura do ar diariamente à 2 metros de altura [° C];

U2: velocidade do vento à 2 metros de altura [ms⁻¹];

es – ea: é a diferença de pressão de vapor de saturação [kPa];

Δ: curva de pressão de vapor da inclinação [kPa ° C⁻¹];

G: fluxo de calor no solo [5% da Rn];

γ: constante psicrométrica [kPa ° C⁻¹] (FAO, 1998).

1.2 Trabalhos Relacionados

O Sistema Irriga® é um sistema de manejo e monitoramento de irrigação, criado e mantido por pesquisadores da Universidade Federal de Santa Maria (Viero, 2009, p. 51). Para fornecer a quantidade de água necessária na irrigação, esse sistema conta com estações meteorológicas automáticas, que fornecem dados diários das condições meteorológicas de cada local monitorado. São disponibilizados planos de contratação, com diferentes funcionalidades e serviços, sendo que a área irrigada mínima deve ser de 25 hectares.

Já o SisCI é um sistema usado para monitorar remotamente a irrigação através de dispositivos celulares (Almeida, Fernandes & Costa, 2012). A plataforma é composta por um conjunto de sensores que captam os dados meteorológicos do campo irrigado e envia via wireless para uma aplicação web denominada SisCI Servidor. Já o SisCI Cliente permite ao usuário o acesso aos dados do seu campo irrigado.

Considerando os trabalhos relacionados, o SiGi, sistema apresentado neste artigo possui como diferencial o atendimento a produtores rurais de pequenas áreas cultivadas. Além disso, o sistema auxiliará na irrigação de cultivos como hortaliças e frutíferas, que não são atendidos pelos demais sistemas disponíveis no mercado.

2. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

O SiGi foi desenvolvido através do Framework Laravel. Usando da estrutura MVC (Model, View Controller), o Laravel utiliza o Composer para gerenciar suas dependências. Além disso, existe um

gerenciamento padrão das rotas, onde através delas são chamadas as visões do sistema, sendo que a comunicação é direta com o respectivo controlador.

O layout da aplicação é definido através do Blade templates, que está acoplado ao framework, sendo que as visões usam a extensão do arquivo “.blade.php” (Laravel, 2018). O Blade usa uma sintaxe específica, deixando o código organizado e com uma estrutura padronizada. O Laravel conta também com o Artisan, que é uma interface de linhas de comandos que fornece várias instruções úteis e práticas na criação da aplicação. Já a interação com o banco de dados é realizada através do Eloquent ORM. A criação das tabelas passa pela utilização das migrations, que funcionam como controles de versões do banco de dados, sendo possível a realização de ajustes e compartilhamentos de maneira efetivamente fácil (Laravel, 2018).

2.1 Upload de Dados

Conforme explicado anteriormente, o cálculo da evapotranspiração é realizado através de uma série de variáveis relacionadas aos elementos meteorológicos. Em função disso torna-se necessária a coleta de dados de uma estação meteorológica mais próxima. O INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) possui diversas estações automáticas distribuídas pelo país, as quais fornecem diariamente dados relativos aos elementos meteorológicos, disponibilizados através do site oficial (INMET 2018).

A estação automática da qual são coletados os dados necessários para o presente projeto está situada na cidade de Santa Rosa, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. O armazenamento no banco de dados do SiGi é efetuado através do upload de arquivo gerado diariamente. Para isso, utiliza-se o Laravel Excel, que simplifica as importações e exportações de arquivo, além de um formulário simples. Na Figura 2 é mostrada a tela do SiGi com os dados que foram coletados do site da estação meteorológica e armazenados na base de dados. Será apresentada somente parte das telas nas figuras, em função do espaço limitado.



Código	Data	Temperatura	Umidade	Velocidade do Vento	Radiação	Volume de Chuva
1	01/06/2019	17.33	83.50	1.44	12051.02	0
2	02/06/2019	15.69	85.83	1.60	10324.85	0.2
3	03/06/2019	15.01	88.33	1.44	10929.53	0.2
4	04/06/2019	14.55	78.92	1.75	13468.25	0.2
5	05/06/2019	13.88	70.00	1.68	13034.96	0.2

Figura 2. Tela do sistema exibindo os dados meteorológicos armazenados

Os dados armazenados através do upload são referentes às 24 horas do dia, o que gera uma inserção de 24 linhas no banco de dados. Para o uso desses dados na equação citada na seção 1.1 é necessário um valor único para cada coluna em determinada data. Sendo assim, após o upload diário calcula-se, através de uma Função Armazenada, a média da temperatura, da umidade relativa do ar, da velocidade do vento, bem como a soma da radiação e da chuva.

2.2 Cálculo da Evapotranspiração

Após a execução do procedimento armazenado, o próximo passo é finalizar o cálculo da evapotranspiração. Para chegar a esse resultado é necessário calcular separadamente cada variável composta no método FAO Penman-Monteith, sendo elas: pressão de saturação de vapor de água no ar, pressão parcial de vapor de água no ar, tangente de curva de saturação no ar e saldo de radiação. Após a realização desses cálculos obtém-se o resultado da evapotranspiração de referência diária (Figura 3).

Código	Data - Eto	Eto	Tipo de Cultivo	Data - Dados Meteorológicos
1	01/06/2019	1.17	Frutíferas	01/06/2019
2	02/06/2019	1.01	Frutíferas	02/06/2019
3	03/06/2019	0.94	Frutíferas	03/06/2019
4	04/06/2019	1.12	Frutíferas	04/06/2019
5	05/06/2019	1.17	Frutíferas	05/06/2019

Figura 3. Tela de exibição do resultado da evapotranspiração (ETo)

2.3 Funcionalidades do SiGi

O acesso ao sistema é realizado através de um formulário de login, em que o usuário informa seu e-mail e senha. Previamente, é necessário que o produtor rural realize seu cadastro, através da opção “Registre-se”. Além de fornecer o resultado da ETo, o SiGi conta com outras funcionalidades disponíveis na tela inicial, como cadastros da propriedade, volume de chuva, cultivos, data da plantação e glebas, que de acordo com o dicionário Michaelis, “são terrenos apropriados para cultivo”.

As telas de cadastros são compostas por formulários simples, já a tabela de exibição dos dados cadastrados permite a edição ou exclusão de registros. Como exemplo, a figura 4 mostra a tela de cadastro do volume de chuva para uma determinada data. O campo propriedade será preenchido automaticamente após a realização do login do produtor.

Figura 4. Tela de cadastro do volume de chuva na propriedade

Além do cadastro do volume de chuva, também é possível visualizar um relatório dos dados armazenados. Conforme mostrado na figura 5, esse relatório apresenta a data, o volume de chuva e a propriedade, sendo possível editar ou apagar esses dados. No exemplo, é mostrado o relatório para o usuário administrador do sistema.

Os demais cadastros do SiGi, tais como propriedade, plantações e glebas, seguem o mesmo padrão de design nas suas telas. Além disso, as telas de exibição dos resultados também estão disponíveis para esses cadastros, sendo que é possível editar e apagar os mesmos.

Código	Data	Volume de Chuva	Propriedade	Ações
1	04/06/2019	0.4	Propriedade 01	Editar Apagar
2	09/06/2019	1.6	Propriedade 02	Editar Apagar

[Novo Volume de Chuva](#)

Figura 5. Tela de exibição dos volumes de chuva cadastrados na propriedade

3. CONCLUSÃO

O presente trabalho atingiu seus objetivos propostos, já que o sistema desenvolvido conta com as funcionalidades de cadastros da propriedade, dos cultivos, das plantações, das glebas e do volume de chuva, sendo uma importante ferramenta de gerenciamento ao produtor rural. A principal contribuição do SiGi até o momento é a realização do cálculo da evapotranspiração de referência, fornecendo um resultado preciso para auxiliar na definição da quantidade de água para a irrigação dos cultivos. Esta definição será parte da próxima etapa de desenvolvimento do sistema, através da implementação do cálculo do balanço hídrico. Dessa maneira, o presente trabalho continuará auxiliando o produtor rural, facilitando o gerenciamento da irrigação dos cultivos, visando a economia de água e o aumento na produtividade.

REFERÊNCIAS

- Almeida, I. L.; Fernandes, C. F. I.; Costa, M. C. *SISCI – Sistema para Controle de Irrigação através de Dispositivos Celulares*. Holos, v. 1, p. 147-156. 2012. ISSN: 1807-1600. Disponível em: < <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/681>>. Acesso em: 01 mai. 2018.
- ANA – Agência Nacional das Águas. *Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada*. Brasília, 2017. Disponível em: < <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2018.
- Bernardo, S. et al, 2006. E. *Manual da Irrigação*. 8. ed. Viçosa: Ed. UFV.
- Getcomposer.Com. *Introdução*. Disponível em:< <https://getcomposer.org/doc/00-intro.md>>. Acesso em: 30 set. 2018.
- FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. *Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de áreas prioritárias*. Brasília, 2017. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/a-i7251o.pdf>>. Acesso em 29 abr. 2018.
- FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. *Evapotranspiração das culturas – Diretrizes para o cálculo das necessidades de água das culturas – Irrigação e drenagem da FAO 56*. Roma, 1998. Disponível em < <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2018.
- INMET. *Instituto Nacional de Meteorologia – Estações Automáticas*. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 24 jun. 2018.
- Laravel.Com. *Laravel: documentação*. Disponível em: <https://laravel.com/docs/5.6>. Acesso em: 30 set. 2018.
- Paiva, C. M., & De Souza, A. D. S. P. (2016). Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para fins de manejo da irrigação. *Anuário do Instituto de Geociências*, 39(1), 42-51.
- Sistema Irriga. *Sistema Irriga – Tecnologia UFSM*. Santa Maria, 2018. Disponível em < <https://www.sistemairriga.com.br/?servico=tecnologia>>. Acesso em: 01 mai. 2018.
- Viero, C. V. *Tecnologias de Informação e Comunicação no contexto rural brasileiro: O modelo de Monitoramento agrícola do Sistema Irriga®*. Santa Maria, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8836/VIERO%20c%20VERONICA%20CRESTANI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 01 mai. 2018.

MINERÍA DE FLUJOS DE DATOS: UN MAPEO SISTEMÁTICO DE FUENTES SECUNDARIAS

María Yesenia Zavaleta-Sánchez y Edgard Benítez-Guerrero
Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México

RESUMEN

Un flujo de datos (data stream en Inglés) es una secuencia de datos, posiblemente infinita, que se genera continuamente en el tiempo para ser almacenada o procesada por un sistema. Ejemplos de estos son los que se generan en transacciones bancarias, redes sociales, sensores, correo electrónico, entre otros. El procesamiento y análisis de flujos de datos es cada vez más demandado para obtener información y generar conocimiento en tiempo real sobre algún tema de interés. El objetivo principal de este trabajo es identificar las técnicas de minería de flujos de datos más utilizadas en Journals de tipo Survey y las áreas de oportunidad para el desarrollo de trabajos futuros. Para esto se realizó un mapeo sistemático de documentos recuperados de bases de datos científicas. Como resultado se obtuvo que la detección de patrones frecuentes, agrupación y clasificación son las técnicas de minería de flujos de datos más discutidas.

PALABRAS CLAVE

Flujo de Datos, Minería de Flujos de Datos, Mapeo Sistemático

1. INTRODUCCIÓN

Un flujo de datos (data stream en Inglés) es una secuencia de datos que se genera de forma continua, posiblemente de forma infinita, para ser procesada (Abdelguerfi, *et al.*, 2005; Koudas y Srivastava, 2005). Ejemplos de flujos de datos son los que provienen de sensores, sistemas de vigilancia, transacciones bancarias, navegación en la web, redes sociales, sistemas meteorológicos, monitores de signos vitales en hospitales, procesos de marketing, mercados de valores, entre otros (Ellis, *et al.*, 1991). En las aplicaciones de tipo stream los datos se generan en tiempo real; además, la tasa de llegada y el volumen de los datos es tan grande que es impráctico su almacenamiento, por lo que su tratamiento se ejecuta normalmente sobre la marcha. Por ende, la forma de captarlos, procesarlos y analizarlos debe ser distinta a las formas convencionales. Para analizar flujos de datos, comúnmente se utilizan técnicas de minería de datos (data mining en Inglés). Estas buscan identificar conocimiento, en forma de patrones de comportamiento de los datos, que sirva de ayuda en la toma de decisiones (Molero y Meda, 2010). Las técnicas tradicionales de minería, no obstante, requieren para trabajar de datos previamente almacenados. Sin embargo, las características inherentes a los flujos de datos en términos de tiempo y memoria hacen que las técnicas de análisis de datos tradicionales no pueden ser aplicadas de igual forma (Adedoyin-Olowe, *et al.*, 2013; Alothali, *et al.*, 2019). Estas deben adaptarse para considerar la evolución de los datos en el tiempo y trabajar con datos en tan solo una pasada, es decir, luego de que el dato llega y se procesa, éste generalmente caduca y no se tiene disponible para análisis posteriores (Jiang y Gruenwald, 2006; Hulten, *et al.*, 2001). El objetivo de este artículo es identificar tendencias en las temáticas abordadas en la minería de flujos de datos a través de un mapeo sistemático de fuentes de información secundarias (documentos tipo "Survey"). Un mapeo sistemático de la literatura es un método definido para construir clasificaciones y realizar análisis temáticos con el fin de tener un mapa visual del conocimiento existente dentro de un tema amplio (Petersen, *et al.*, 2008). Las categorías utilizadas en un estudio de mapeo generalmente se basan en información de las publicaciones (nombres de autores, afiliaciones de autores, fuente de publicación, tipo de publicación, fecha de publicación, etc.) y/o información sobre los métodos de investigación utilizados (Kitchenham, *et al.*, 2011). El resto de este documento está organizado de la siguiente manera. La sección 2 describe el método de investigación, la sección 3 presenta los resultados y las discusiones de la investigación realizada, mientras que la sección 4 presenta las conclusiones del trabajo.

2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Los pasos esenciales del proceso de nuestro estudio de mapeo sistemático fueron la definición de preguntas de investigación, la búsqueda sistematizada de trabajos relevantes en bases de datos científicas, la selección de trabajos, análisis del contenido de los artículos y los resultados del mapeo.

2.1 Preguntas de Investigación

- RQ1. ¿Cuántas publicaciones de tipo Survey en Minería de Flujos de datos se han realizado desde el año 2000?
 RQ2. ¿Cuáles son las técnicas de la Minería de datos que se utilizan para analizar flujos de datos?
 RQ3. ¿Cuáles son las áreas pendientes por abordar que dan pauta al desarrollo de trabajos futuros?

2.2 Proceso de Búsqueda

Se utilizaron las bases de datos científicas: ACM Digital Library, IEEE Xplore, ScienceDirect y SpringerLink. La cadena de búsqueda utilizada fue: “(SURVEY OR REVIEW OR OVERVIEW OR STATE OF THE ART) AND DATA AND STREAM AND MINING”. Criterios de inclusión: Journals en inglés a partir del 2000 hasta el 2019. Como resultados iniciales se encontraron 926 artículos (113 ACM, 67 IEEE Explore, 92 ScienceDirect y 654 en Springer). Criterios de exclusión: Después de una revisión detallada de títulos, resumen, palabras clave y contenido, se excluyeron publicaciones no relacionadas directamente con el tema, quedando 14 artículos de tipo Survey: 2 ACM, 1 IEEE Explore, 4 ScienceDirect y 7 en Springer (ver Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de la búsqueda

Bases de datos	Cadena de búsqueda	Artículos encontrados	Artículos elegidos
ACM	“(SURVEY OR REVIEW OR OVERVIEW OR STATE OF THE ART) AND DATA AND STREAM AND MINING”	113	2
IEEE Explore		67	1
ScienceDirect		92	4
SpringerLink		654	7
Total		926	14

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección, de forma general, se responde a las preguntas de investigación planteadas en la sección 2.1 y se discuten brevemente los resultados obtenidos. RQ1. En la Tabla 1 se muestran los resultados del procedimiento de búsqueda. Sólo se seleccionaron 14 artículos de impacto para este trabajo. La publicación más antigua es del 2007 y la más reciente del 2019. RQ2. En la Tabla 2 se observa que la detección de patrones frecuentes (Frequent pattern en Inglés) es la técnica de la minería de datos que se discute con mayor frecuencia en estos artículos y la cual implementa algoritmos incrementales para calcular los patrones frecuentes de las transacciones más recientes (Han, *et al.*, 2007; Cheng, *et al.*, 2008; Manerikar y Palpanas, 2009; Liu, *et al.*, 2011; Gama, 2012; PhridviRaj y GuruRao, 2014; Nasreen, *et al.*, 2014). En segundo lugar, se ubica la agrupación de flujos de datos (Clustering en Inglés) y la cual tiene como objetivo agrupar un conjunto de datos en subconjuntos (grupos), donde los objetos dentro de cada grupo son "similares" y los objetos entre grupos son "diferentes" con respecto a una medida de similitud dada (Gama, 2012; Silva, *et al.*, 2013; Nguyen, *et al.*, 2015; Ghessmoune, *et al.*, 2016; Mohammadi, *et al.*, 2018; Kolajo, *et al.*, 2019). También se han elaborado publicaciones donde se abordan las técnicas de clasificación (Classification en Inglés), cuyo proceso consiste en encontrar un modelo general a partir de datos etiquetados conocidos y luego usar este modelo para predecir etiquetas de clase para nuevos objetos de datos (Gama, 2012; Nguyen, *et al.*, 2015; Gomes, *et al.*, 2017; Krawczyk, *et al.*, 2017; Mohammadi, *et al.*, 2018).

Tabla 2. Técnicas de Minería de Flujos de Datos

Técnica de Minería	Referencia	Total
Agrupación	(Gama, 2012), (Silva, <i>et al.</i> , 2013), (Nguyen, <i>et al.</i> , 2015), (Ghesmoune, <i>et al.</i> , 2016), (Mohammadi, <i>et al.</i> , 2018), (Kolajo, <i>et al.</i> , 2019)	6
Clasificación	(Gama, 2012), (Nguyen, <i>et al.</i> , 2015), (Gomes, <i>et al.</i> , 2017), (Krawczyk, <i>et al.</i> , 2017), (Mohammadi, <i>et al.</i> , 2018)	5
Detección de Patrones Frecuentes	(Han, <i>et al.</i> , 2007), (Cheng, <i>et al.</i> , 2008), (Manerikar y Palpanas, 2009), (Liu, <i>et al.</i> , 2011), (Gama, 2012), (PhridviRaj y GuruRao, 2014), (Nasreen, <i>et al.</i> , 2014)	7

RQ3. Las características dinámicas de los flujos de datos requieren algoritmos adaptativos a los cambios en las condiciones ambientales y en las necesidades del usuario. Los algoritmos de minería de datos de próxima generación deben preocuparse por la gestión de costo-rendimiento y las limitaciones en todos los aspectos de los recursos computacionales (Gama, 2012). Probablemente el mayor desafío en la agrupación de flujo de datos es construir algoritmos sin introducir parámetros críticos, como el número esperado de grupos o la densidad esperada de los grupos. Otros desafíos son el tratar con estructuras de datos complejas y con valores atípicos, el detectar cambios en la distribución de datos y dar seguimiento a la evolución de clústeres para predecir el clúster al que pertenecerá un dato futuro. Los flujos de texto son más complicados de analizar, ya que no están estructurados, contienen un alto nivel de ruido y existen en diferentes formatos, por lo que la minería de flujos de texto sigue siendo una tarea pendiente por abordar para detectar eventos frecuentes en línea (Nguyen, *et al.*, 2015; Ghesmoune, *et al.*, 2016; Kolajo, *et al.*, 2019).

4. CONCLUSIONES

A través del mapeo sistemático de publicaciones de tipo Survey se pudo constatar que la minería de flujos de datos se ha convertido en un área de investigación de mayor interés en los últimos años debido a la importancia de sus aplicaciones y a la creciente generación de datos con diferentes estructuras. Sin embargo, debido a la naturaleza de los flujos de datos, el extraer conocimiento e identificar patrones ocultos en tiempo real, enfrenta muchos desafíos y restricciones. La detección de patrones frecuentes, agrupación y clasificación son las técnicas de minería de datos para las cuales se han discutido más trabajos de tipo Survey. Sin embargo, no son las únicas técnicas de la minería de flujos que se han adaptado de la minería de datos tradicional. Finalmente, cabe destacar que los resultados de este trabajo forman la parte inicial de una investigación más profunda. Aquí sólo se incluyeron journals de algunas bases de datos científicas debido a la profundidad con la que se aborda la temática de interés. Sin embargo, existen otras fuentes como Google Académico donde se encuentran otro tipo de publicaciones en los cuales, se incluye a las series de tiempo como una técnica de análisis para flujos de datos (Gaber, 2005; Ikonomovska, *et al.*, 2007; Gaber, *et al.*, 2014).

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue apoyado parcialmente por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México en el marco del proyecto de Cátedras “Infraestructura para Agilizar el Desarrollo de Sistemas Centrados en el Usuario” (Ref. 3053). Agradecemos a CONACYT por la beca de Doctorado número 743385 del primer autor, así como a la Universidad Veracruzana por el apoyo para el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

- Abdelguerfi, M., Chaudhry, N. A. & Shaw, K., 2005. 'Stream data management'.
- Adedoyin-Olowe, M., Gaber, M. M. and Stahl, F. (2013) 'A survey of data mining techniques for social media analysis', *arXiv preprint arXiv:1312.4617*.
- Alothali, E., Alashwal, H. and Harous, S. (2019) 'Data stream mining techniques: a review', *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 17(2), p. 728. doi: 10.12928/telkommika.v17i2.11752.
- Cheng, J., Ke, Y. and Ng, W. (2008) 'A survey on algorithms for mining frequent itemsets over data streams', *Knowledge and Information Systems*, 16(1), pp. 1–27. doi: 10.1007/s10115-007-0092-4.
- Ellis, C. A., Gibbs, S. J. and Rein, G. L. (1991) '38 January 1991/Vol.34, No.1/COMMUNICATIONS OF THE ACM', *Communications of the ACM*, 34(1), pp. 39–58.
- Gaber, M. M. (2005) 'Mining Data Streams: A Review', *SIGMOD Rec.* doi: 10.1111/j.1601-5223.1972.tb01058.x.
- Gaber, M. M. *et al.* (2014) 'Data stream mining in ubiquitous environments: State-of-the-art and current directions', *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 4(2), pp. 116–138. doi: 10.1002/widm.1115.
- Gama, J. (2012) 'A survey on learning from data streams: Current and future trends', *Progress in Artificial Intelligence*, 1(1), pp. 45–55. doi: 10.1007/s13748-011-0002-6.
- Ghesmoune, M., Lebbah, M. and Azzag, H. (2016) 'State-of-the-art on clustering data streams', *Big Data Analytics. Big Data Analytics*, 1(1), pp. 1–27. doi: 10.1186/s41044-016-0011-3.
- Gomes, H. M. *et al.* (2017) 'A survey on ensemble learning for data stream classification', *ACM Computing Surveys*, 50(2). doi: 10.1145/3054925.
- Han, J. *et al.* (2007) 'Frequent pattern mining: Current status and future directions', *Data Mining and Knowledge Discovery*, 15(1), pp. 55–86. doi: 10.1007/s10618-006-0059-1.
- Hulten, G., Spencer, L. and Domingos, P., 2001. 'Mining time-changing data streams', *Proceedings of the seventh acm sigkdd international conference on knowledge discovery*, p. 97–106.
- Ikonomovska, E., Loskovska, S. and Gjorgjevik, D. (2007) 'A Survey of Stream Data Mining', *8th National Conference with International Participation, ETAI 2007*, (September 2007), pp. 16-2.
- Jiang, N. and Gruenwald, L., (2006). Research issues in data stream association rule mining. *ACM Sigmod Record*, 35(1), p. 14–19.
- Kitchenham, B. A., Budgen, D. and Pearl Brereton, O. (2011) 'Using mapping studies as the basis for further research - A participant-observer case study', *Information and Software Technology*. Elsevier B.V., 53(6), pp. 638–651. doi: 10.1016/j.infsof.2010.12.011.
- Kolajo, T., Daramola, O. and Adebisi, A. (2019) 'Big data stream analysis: a systematic literature review', *Journal of Big Data*. Springer International Publishing, 6(1). doi: 10.1186/s40537-019-0210-7.
- Koudas, N. & Srivastava, D., 2005. 'Data stream query processing'. *Icde*, Vol. 5, p. p. 1145.
- Krawczyk, B. *et al.* (2017) 'Ensemble learning for data stream analysis: A survey', *Information Fusion*, 37, pp. 132–156. doi: 10.1016/j.inffus.2017.02.004.
- Liu, H., Lin, Y. and Han, J. (2011) 'Methods for mining frequent items in data streams: An overview', *Knowledge and Information Systems*, 26(1), pp. 1–30. doi: 10.1007/s10115-009-0267-2.
- Manerikar, N. and Palpanas, T. (2009) 'Frequent items in streaming data: An experimental evaluation of the state-of-the-art', *Data and Knowledge Engineering*. Elsevier B.V., 68(4), pp. 415–430. doi: 10.1016/j.datak.2008.11.001.
- Mohammadi, M. *et al.* (2018) 'Deep learning for IoT big data and streaming analytics: A survey', *IEEE Communications Surveys and Tutorials*. IEEE, 20(4), pp. 2923–2960. doi: 10.1109/COMST.2018.2844341.
- Molero, G. and Meda, M. E. (2010) 'Integración de minería de datos y sistemas multiagente: un campo de investigación y desarrollo'. *Ciencias de la Información*, 41(3), p. 53–56.
- Nasreen, S. *et al.* (2014) 'Frequent pattern mining algorithms for finding associated frequent patterns for data streams: A survey', *Procedia Computer Science*. Elsevier Masson SAS, 37, pp. 109–116. doi: 10.1016/j.procs.2014.08.019.
- Nguyen, H. L., Woon, Y. K. and Ng, W. K. (2015) 'A survey on data stream clustering and classification', *Knowledge and Information Systems*. Springer London, 45(3), pp. 535–569. doi: 10.1007/s10115-014-0808-1.
- Petersen (2017) 'Systematic Mapping Studies in Software Engineering', 58(6), pp. 484–489. doi: 10.1016/j.pedneo.2016.08.011.

REDES DE SENSORES SEM FIO PARA MONITORAMENTO E DETECÇÃO DE DESLIZAMENTOS DE TERRA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Anderson Silvério Mendrot Filho e Denise Stringhini
Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

Deslizamentos de terra são um dos principais tipos de desastres naturais e causam danos ambientais e sociais à população em torno de áreas de risco. Uma maneira de evitar esses danos é pelo monitoramento desses eventos. Atualmente, existe uma tendência no estudo do uso de redes de sensores sem fio de baixo custo para detectar mudanças no ambiente que possam levar a desastres. O artigo apresenta uma revisão sistemática de identificação e síntese da literatura relevante na área de redes de sensores sem fio para monitoramento e detecção de deslizamentos de terra. Com a revisão sistemática, é fornecida uma visão geral e discussão sobre o estado da arte. Finalmente, são apresentadas dificuldades e desafios relacionados às implementações de campo de redes de sensores sem fio para o problema. Os resultados demonstram que o uso dessas redes para a detecção de deslizamentos de terra é viável, mas ainda é uma área que exige muito esforço em trabalhos futuros.

PALAVRAS-CHAVE

Redes de Sensores sem Fio, Desastres Naturais, Deslizamentos de Terra, Revisão Sistemática

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, desastres naturais têm ganhado destaque na mídia, principalmente por seus efeitos adversos sobre a sociedade e o meio ambiente. Uma das maiores causas se relaciona a deslizamentos de terra. Sua ocorrência no Brasil é significativa: no período de 2008 a 2013, atesta-se que houve por volta de 31 mil eventos, com 103 ocorrências de óbito e 303,6 mil desabrigados (IBGE, 2014). Uma alternativa para o combate ao problema é o uso de sistemas e equipamentos que façam monitoramento de mudanças no tempo e no clima, permitindo o alerta a população em caso de risco iminente de desastre. Porém, o alto custo de equipamentos de ponta inviabiliza seu uso em regiões com poucas condições financeiras ou de difícil acesso, tornando redes de sensores sem fio cada vez mais utilizadas para esses propósitos.

Nesse contexto, surgiu o projeto Cigarra, no Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de São Paulo, com colaboração do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden 2019), o qual tem como objetivo desenvolver e testar uma rede de sensores sem fio de baixo custo capaz de capturar parâmetros ambientais confiáveis e úteis para a detecção de deslizamentos de terra. Para tanto, o trabalho tem como base a realização de uma revisão sistemática da literatura para avaliação da pesquisa relacionada a área, além do desenvolvimento de um protótipo de rede com o uso da plataforma Arduino e da plataforma de implementação de redes de sensores sem fio Terra IoT System (Branco et al. 2015), visando o aumento da confiabilidade da rede pelo uso de redundância de dados.

O presente trabalho apresenta uma revisão sistemática realizada a fim de fundamentar o desenvolvimento de futuros protótipos para monitoração de deslizamentos de terra. Este artigo está dividido da seguinte forma: a Seção 2 exhibe a revisão sistemática realizada. A Seção 3 discute os resultados obtidos a partir da revisão sistemática. A Seção 4 apresenta uma discussão sobre os principais desafios e dificuldades na implementação de redes de sensores sem fio. Por fim, a última seção traz conclusões e direções para trabalhos futuros.

2. REVISÃO SISTEMÁTICA

Esta seção exibe a revisão sistemática realizada, a qual visa analisar publicações relacionadas ao uso de redes de sensores sem fio para monitoração e detecção de deslizamentos de terra, a fim de investigar seus objetivos e metodologias, além de fazer um histórico e identificar o que tem sido utilizado em projetos da área.

A primeira etapa foi a elaboração da principal questão de pesquisa, definida como: “***É possível criar uma rede de sensores de baixo custo para captar parâmetros confiáveis que possam ser usados na detecção de deslizamentos de terra?***”. Foram definidas também as seguintes questões secundárias (QS) de pesquisa com o intuito de restringir a questão principal:

QS1: Quais sensores, módulos e itens de hardware são utilizados na implementação destas redes?

QS2: Quais as fontes de energia utilizadas para manter o funcionamento das redes?

QS3: Quais motes e microcontroladores são utilizados nos nós das redes?

QS4: Como são as arquiteturas destas redes?

QS5: Quais formas de transmissão de dados são utilizadas na implementação destas redes?

QS6: Quais os principais desafios e dificuldades em projetos que implementaram protótipo de rede real?

O processo de busca se deu com uma pesquisa manual em bases de dados a partir de *strings* de busca formuladas. Para tanto, as fontes foram selecionadas de acordo com os seguintes requisitos:

REQ1: Incluir em suas bases publicações da área de exatas;

REQ2: Possuir mecanismos de buscas que permitam o uso de expressões lógicas e que permitam pesquisa no texto completo das publicações.

Dessa forma, foram escolhidas quatro bases que foram consideradas relevantes para a pesquisa: *IEEE Xplore Digital Library* (IEEE), *ScienceDirect*, *ACM Digital Library* (ACM) e *Google Scholar*.

Em seguida foi feita a construção da *string* de busca. Inicialmente, utilizou-se uma mais restrita, que continha a palavra *wireless*. Porém, resolveu-se utilizar uma segunda *string* sem a palavra *wireless*, de forma a incluir uma quantidade maior de artigos. O uso da primeira trouxe oito artigos que não apareceram nos resultados da segunda, e estes foram incluídos por serem relevantes ao trabalho. As *strings* foram:

Primeira string de busca (mais restrita): "wireless sensor network" AND landslide;

Segunda string de busca (menos restrita): "sensor network" AND landslide.

No caso da IEEE e da ScienceDirect, as buscas foram realizadas pelo título, resumo e termos indexados. Por sua vez, na ACM foi necessário analisar todo o texto, pois a base não contém a opção utilizada nas duas bases anteriores. A Tabela 1 exibe a quantidade de artigos retornados pelas pesquisas nas três bases.

A revisão sistemática inicialmente foi realizada incluindo artigos até 2017, mas artigos do ano de 2018 foram acrescentados posteriormente visando a verificação de tecnologias e projetos mais recentes na área.

Tabela 1. Número de artigos por *string* de busca de 2005 a 2018

	IEEE	ScienceDirect	ACM Digital Library
Primeira <i>string</i> de busca	64	11	48
Segunda <i>string</i> de busca	78	14	61
Total por base	141	24	108

Foi utilizado também o *Google Scholar* para consolidar a busca e eventualmente trazer alguns artigos relevantes, com tal busca sendo realizada com a *string* de busca *sensor network landslide*. Houve a análise dos 100 artigos retornados pelas dez primeiras páginas, e dez deles foram incluídos para a etapa posterior por serem referentes a projetos de implementação de redes de sensores sem fio em ambientes reais.

Em seguida, foram escolhidos artigos a serem excluídos ou mantidos para a pesquisa por critérios definidos. Para o processo de inclusão, foram selecionados artigos que cumpriram com os requisitos:

REQ1: Artigos completos que foram publicados em periódicos

REQ2: Artigos escritos em inglês

REQ3: Artigos que descrevem ou especificam os sensores e/ou módulos utilizados no protótipo de nó

REQ4: Artigos que descrevem um sistema que utiliza protótipos de nó para implementação de rede visando a detecção de deslizamentos de terra

Já o processo de exclusão ocorreu em três etapas. A primeira foi a exclusão dos artigos duplicados entre as buscas e de artigos inacessíveis na instituição e de resultados que representavam descrições de anais de eventos. A segunda etapa envolveu a análise do título, resumo e caso necessário o texto como um todo. Por fim, a

terceira etapa considerou a leitura detalhada de cada artigo. Ao final do processo de exclusão, restaram 43 artigos da IEEE, 7 da ScienceDirect, 9 da ACM *Digital Library* e 3 do *Google Scholar*.

Em seguida, foi projetada uma planilha com informações julgadas relevantes para a busca. Como nos resultados apareceram artigos relativos ao mesmo projeto, então eles foram considerados de forma conjunta, tornando a análise restrita a 48 projetos. A tabela da revisão sistemática pode ser verificada em: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Z1sq5buH9ta3QRqTgHTn4TAQtsOFUqiA7u47XrHZJ2k>.

2.1 Processo de Análise de Dados

O próximo passo foi a análise de dados dos projetos a partir de diversos fatores, como transmissão de dados, sensores e microcontroladores utilizados, fornecimento de energia e topologia de rede.

Em relação a transmissão de dados, verificou-se que há projetos que utilizam mais de uma forma de transmissão. Esse uso diverso ocorre, por exemplo, se os nós sensores transmitem seus dados de uma forma entre si e de forma diferente para um *gateway*, ou acontece na comunicação entre *gateway* e centro de monitoramento. Os resultados mostraram que 33.3% dos projetos usam rádio, o que mostra sua importância em redes de sensores sem fio no período estudado. Porém, não especificam se utilizam tecnologias ZigBee, Wi-Fi ou Bluetooth, as quais são também padrões de comunicação sem fio via rádio entre dispositivos. Outro ponto importante é a grande quantidade de comunicações via rede celular, utilizadas em 54.2% dos projetos. Normalmente, estas tecnologias são utilizadas para a transmissão de longa distância dos dados capturados pelas redes de sensores. Já as comunicações via cabo e internet foram alternativas utilizadas em projetos em que o *gateway* e a central de monitoramento não estavam muito distantes.

O estudo permitiu concluir que 29% dos projetos não especificaram a forma de fornecimento de energia. Dentre os que especificaram praticamente todos utilizam bateria, com ou sem o fornecimento de energia solar. Mais especificamente, tem-se que 35.4% dos projetos utilizam somente baterias e 8.3% apenas energia solar, além de 27.1% conterem ambos. O uso de energia solar com baterias se dá, principalmente, em projetos que utilizam células ou painéis solares para carregamento de baterias recarregáveis. Outro uso ocorre no caso em que os nós sensores são abastecidos por bateria e o *gateway* por energia solar.

Na extração dos dados, verificou-se que quase todos os projetos utilizam mais de um tipo de sensor. Em relação aos parâmetros medidos para a detecção de deslizamentos, é possível perceber que os projetos levam em consideração a umidade do solo, pois 39.6% utilizam sensores de umidade do solo, além de 20.8% utilizarem pluviômetros. Há também quatro projetos que utilizam sensores para detecção do nível da água.

Outro ponto importante é a medição da inclinação e vibração do solo, e nesse contexto os inclinômetros e acelerômetros aparecem como sensores ideais, utilizados em 35.4% e 39.6% dos projetos, respectivamente. Outro sensor bem utilizado é o extensômetro (*strain gauge*), aplicado em 29.1% dos projetos e responsável por medir, por exemplo, a tensão superficial de encostas. O geofone se mostrou menos utilizado, estando presente em 12.5% dos projetos; um possível motivo para isso pode ser seu custo mais elevado em relação a outros sensores. Por fim, o piezômetro, que detecta pressão de umidade do solo, também foi parte integrante de 12.5% dos projetos. Outros sensores também estiveram presentes em projetos, porém em menor quantidade, como o anemômetro e o sensor de umidade do ar.

Dentre as topologias dos projetos destaca-se a topologia em malha (*mesh*), utilizada em 27.1% deles, diferentemente das topologias estrela e árvore, que foram utilizadas em, respectivamente, 8.3% e 6.25% dos projetos cada uma. Além disso, 58.3% dos projetos não especificaram a rede utilizada.

Em relação a microcontroladores, 14.6% dos projetos utilizam mais de um tipo de microcontrolador ou mote. O mote MICAz, composto pelo ATmega128L e chip de rádio CC2420, é o mais utilizado, estando presente em 12.5% dos projetos. Tal mote é designado para redes de sensores sem fio de baixo consumo de energia, e possui interfaces para conexão de uma larga variedade de periféricos, além de uma plataforma para desenvolvimento de aplicativos (MICAz Datasheet 2006). Os motes MICA2, IRIS e TelosB, da MEMSIC, são menos utilizados, o que sugere que MICAz tem sido o mais difundido no âmbito de pesquisas.

3. DESAFIOS E DIFICULDADES NA IMPLEMENTAÇÃO DE PROTÓTIPOS REAIS

Dentre os projetos apresentados, uma parte realizou instalação de protótipo em ambientes reais, enquanto outros se limitaram a testes em ambientes controlados (*testbeds*) ou com simulações computadorizadas. Dentre as implementações com ambientes reais, podem ser destacados diversos desafios e dificuldades.

Um dos desafios é a necessidade de balanço entre energia consumida e desempenho em redes de sensores sem fio, pois, apesar de medições em amostragens maiores trazerem dados mais precisos, podem trazer também um grande tráfego de dados, de acordo com (Rosi et al 2011). Tal trabalho teve problemas com a energia consumida pelos nós responsáveis pela transmissão dos dados para a estação base, e solucionou o problema com o uso de baterias em paralelo ao invés de em série. Dessa forma, concluiu que a maior influência no consumo de energia é o período de tempo em que o rádio é ligado, não a quantidade de dados transmitidos por pacote. O trabalho de (Intrieri et al 2018), por sua vez, teve problemas por conta de baterias, que duravam apenas semanas com medição horária de dados.

O problema de bateria também esteve presente em (Bednarczyk 2018), que utilizou energia solar para amenizá-lo, e (Giorgetti et al 2014), que desenvolveu um novo protocolo de rede para configuração autônoma de parâmetros de transmissão e aquisição de dados, além de um sistema para alteração manual dos parâmetros à distância. Já (Homma et al 2017) desenvolveu uma rede em que os nós mandam pacotes periódicos informando sua quantidade de energia e inclinação, além de realizarem medições mais constantes apenas em caso de grande variação da aceleração, o que permite que haja economia de energia.

Os locais em que os nós são colocados no ambiente de interesse é de grande relevância. A presença de solos instáveis torna essa tarefa mais complicada por conta da resistência a danos físicos dos nós. O trabalho de (Uchimura et al 2015) envolveu este problema, chegando a conclusão de que os locais dos sensores na área de monitoramento não podia ser decidido de forma definitiva por conta da dificuldade de se definir a localização exata das regiões instáveis do solo; de acordo com os autores, pode-se amenizar o problema com a instalação de nós sensores simples e de baixo custo em regiões com inclinações possivelmente instáveis. O artigo de (Ramesh & Vasudevan 2012) descreve um protótipo que é instalado sob o solo para detecção. O projeto também sofreu com solos instáveis, pois houve a preocupação de que a futura retirada do protótipo de nó da terra pudesse trazer um colapso a um poço de água contido sob a região de instalação.

Em relação à escolha da melhor topologia de rede, sabe-se que ela está relacionada a diversos fatores da qualidade da rede. O projeto de (Supekar & Takayama 2016) considerou para pesquisas da qualidade de sua rede aspectos relacionados a topologias como robustez da rede (relacionada ao número de canais de comunicação possuídos por nós), latência dos dados e balanceamento das cargas. Tais fatores são importantes, pois, dependendo da topologia, a confiabilidade dos dados pode ser afetada. Já em (Homma et al 2017), a rede auto-organizável altera sua topologia de acordo com o estado do sinal de comunicação entre os nós, permitindo que o sistema encontre os melhores caminhos para transmissão de dados.

O problema de danos físicos a nós da rede foi citado por diversos trabalhos, como o de (Rosi et al 2011), no qual os autores citam que o mal posicionamento dos nós na região pode fazer com que sejam enterrados ou cobertos pela vegetação, impedindo que consigam enviar dados. Uma questão diretamente relacionada é a escolha do invólucro dos nós: no projeto, os nós foram envoltos, por conta da umidade, com um pacote plástico, o qual foi furado na parte de baixo para permitir medições de dados do solo e permitir a retirada de água condensada que possivelmente pudesse estar na parte de dentro do invólucro. Além disso, para cada nó foi construída uma cobertura de madeira inserida no solo com barras de ferro para proteção contra chuvas, atividade selvagem, movimentos de inclinação do solo e quedas de pedras.

Outro fator é a escolha entre diferentes redes para transmissão de dados por conta de latência e sinal de transmissão. Por exemplo, (Huo et al 2011) aborda o projeto *Landslides Remote Monitoring System*, que visa o monitoramento de áreas remotas e utiliza redes GSM; é citado que a escolha do GSM traz problemas por conta de sinais fracos devido à localização dos nós em áreas afastadas. Além disso, o GSM trouxe cerca de 40s de atraso na transmissão dos dados, o que pode prejudicar a entrega de dados e trazer perda de pacotes.

Por fim, o desenvolvimento das redes deve visar a detecção de deslizamentos em ambientes reais. O trabalho de (Intrieri et al 2012) ressaltou a dificuldade apresentada para estabelecer limites de deslizamentos de forma precisa. Isto ocorreu pela simplicidade dos procedimentos aplicados após um ano de atividade da rede, pois neste período apenas em uma vez obteve-se nível de atenção, em que a ocorrência de um deslizamento pode estar próxima. Dentre estes procedimentos estão a média dos dados medidos para evitar picos de nós específicos e o uso de redundância, ou seja, dois ou mais nós devem exceder seus limiares para o sistema em nível de atenção. Além disso, houve avaliação por especialistas do nível do alarme.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho propôs uma revisão sistemática da área de redes de sensores sem fio para monitoramento e detecção de deslizamentos de terra, propondo discussões sobre tópicos diversos. Algumas das principais conclusões obtidas foram que os equipamentos mais utilizados de hardware são o mote MICAz, os acelerômetros e os sensores de umidade e temperatura. Além disso, a topologia em malha se mostrou a mais utilizada, e a transmissão de dados pela rede ocorre principalmente via rádio.

Além disso, foram abordados problemas e dificuldades na implementação em ambientes reais de redes de sensores sem fio. A discussão envolveu alguns dos tópicos mais presentes nos projetos estudados, como energia, transmissão de dados, topologia de rede, resistência a danos físicos pelos nós e o problema de se estabelecer limiares de ocorrência de deslizamentos. Espera-se que esta revisão auxilie o desenvolvimento de novos projetos e protótipos de redes de sensores voltados ao tema. Por fim, trabalhos futuros incluem o desenvolvimento de um protótipo de rede para detecção de deslizamentos a partir das informações obtidas com a revisão sistemática e com os estudos dos desafios e dificuldades de projetos existentes.

AGRADECIMENTO

Esta pesquisa é parte do INCT da Internet do Futuro para Cidades Inteligentes financiado pelo CNPq proc. 465446/2014-0, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, FAPESP proc. 14/50937-1, e FAPESP proc. 15/24485-9.

REFERÊNCIAS

- Branco, A., Sant’Anna, F., Ierusalimschy, R., Rodriguez, N. and Rossetto, S., 2015. Terra: Flexibility and safety in wireless sensor networks. *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*, 11(4), p.59.
- Cemaden 2019. *Cemaden – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais*. Acessado em 24 de setembro de 2019, <<https://www.cemaden.gov.br/>>.
- Homma, M., Nakano, T., van Khoa, V. and Takayama, S., 2017, November. Characteristic functions of wireless sensing node network for landslide disaster. In *TENCON 2017-2017 IEEE Region 10 Conference* (pp. 706-711). IEEE.
- Huo, Z., Zhang, P., Tao, Z. and Gui, Y., 2011, September. Landslides Remote Monitoring System and its shortages appeared in applications. In *2011 International Conference on Electrical and Control Engineering* (pp. 1603-1606). IEEE.
- IBGE. Pesquisa de informações básicas municipais: 2013. (2014). Rio de Janeiro.
- Intrieri, E., Gigli, G., Mugnai, F., Fanti, R. and Casagli, N., 2012. Design and implementation of a landslide early warning system. *Engineering Geology*, 147, pp.124-136.
- MICAz Datasheet 2006, Crossbow technology inc. Acessado em 24 de setembro de 2019, <http://www.openautomation.net/uploads/productos/micaz_datasheet.pdf>
- Ramesh, M.V. and Vasudevan, N., 2012. The deployment of deep-earth sensor probes for landslide detection. *Landslides*, 9(4), pp.457-474.
- Rosi, A., Berti, M., Bicocchi, N., Castelli, G., Corsini, A., Mamei, M. and Zambonelli, F., 2011. Landslide monitoring with sensor networks: experiences and lessons learnt from a real-world deployment. *International Journal of Sensor Networks*, 10(3), pp.111-122.
- Uchimura, T., Towhata, I., Wang, L., Nishie, S., Yamaguchi, H., Seko, I. and Qiao, J., 2015. Precaution and early warning of surface failure of slopes using tilt sensors. *Soils and Foundations*, 55(5), pp.1086-1099.

Artigos de Reflexão

PROPOSIÇÃO DE UM MODELO EXPERIMENTAL DE CADEIA DE VALOR NO SETOR PÚBLICO EM ATENDIMENTO ÀS NECESSIDADES DO CIDADÃO

Marília Cristina Sassim Jesus, Ulisses Sampaio Soares, Valéria Brito de Sousa,
Stela Gomes Faiad, Deborah Virgínia Macedo Arôxa e Carlos Eduardo Lacerda Veiga
Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília - DF, Brasil - Zipcode 70910-900

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo apresentar os resultados de um estudo experimental realizado no setor público, o que possibilitou a elaboração de um modelo de Cadeia de Valor. Tal modelo tem como intuito suprir as necessidades de adequação conceitual à realidade do setor público. Nesse sentido, o modelo apresenta seis blocos de informação dispostos em um diagrama, contendo os processos e macroprocessos de acordo com a execução do negócio, além dos seguintes elementos organizacionais: estratégia, processos e estrutura organizacional. Nessa perspectiva, os proveitos inerentes à utilização do modelo de Cadeia de Valor customizado buscam garantir a representatividade, dos elementos organizacionais de uma instituição pública em um só modelo, promovendo o auto-conhecimento da organização, a partir da visão global de seus elementos organizacionais, assim, possibilitando melhorias e aprimoramentos voltados para as necessidades do cidadão.

PALAVRAS-CHAVE

Inovação, Setor Público, Cadeia de Valor

1. INTRODUÇÃO

O mundo e, especialmente, as burocracias do setor público vem sofrendo transformações ao depararem-se com os novos anseios da sociedade. Sob essa ótica de gestão, a inovação é fundamental, uma vez que ela traz a vantagem competitiva para as organizações. Diante de um ambiente de constantes mudanças e inovações, as organizações precisam definir suas estratégias com o intuito de inserir a inovação em um cenário de diferencial competitivo e diversificação.

Para o presente trabalho, será considerado o conceito de inovação organizacional adotado por Lopes (2009) que diz que as inovações são implementações de práticas, métodos, técnicas de gestão, processos e formas de organização do trabalho.

Diante deste contexto, o presente artigo propõe um modelo experimental de Cadeia de Valor para o setor público, com abrangência holística da organização. O modelo proposto tem como objetivo garantir uma customização que atenda ao negócio público.

O artigo está organizado de forma a apresentar inicialmente uma análise sucinta sobre a literatura existente. Em seguida, será apresentada a metodologia utilizada e a proposição de modelo experimental esquemático de Cadeia de Valor. Por último serão apresentados as considerações finais e os agradecimentos, bem como o referencial bibliográfico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Baldam (2014) define Cadeia de Valor como um instrumento que analisa as vantagens competitivas da empresa. Tal conceito surgiu em meados dos anos 70, onde o termo Cadeia de Valor começou a ser utilizado a partir do relacionamento dos elementos de custo e valor, adotados por práticas de análise de valor introduzidos por Miles (1947). Mais tarde, nos anos 80, Porter (1990) considerou que a Cadeia de Valor é um sistema de

atividades interdependentes conectadas por elos, enquadrando as atividades de valor da empresa em categorias, distribuídas em:

- i. Atividades primárias: são as relacionadas com a criação ou transformação dos produtos e serviços para o cliente final da organização.
- ii. Atividades de apoio ou suporte: são as que apoiam, direta ou indiretamente, a execução das atividades primárias.

Gonçalves (2000) categoriza processos de negócios por três tipos: processos de negócio, que caracterizam a atuação da empresa, processos organizacionais, que viabilizam o funcionamento coordenado de vários subsistemas de apoio da organização, e processos gerenciais, que incluem ações de medição e ajuste do desempenho da organização.

Para fins do presente estudo e elaboração do modelo experimental, será adotado os conceitos de Baldam (2014).

3. METODOLOGIA

Com o objetivo de aprofundar o conhecimento acerca da temática e melhor desenvolvimento da proposta de modelo, optou-se pela realização de um estudo qualitativo de natureza descritiva, que foi viabilizado por meio da coleta de dados a partir de pesquisas bibliográficas e entrevistas semiestruturadas. Após a revisão da literatura, observou-se a necessidade de consolidação de um modelo único, em que os agentes públicos conseguissem identificar o seu tipo de negócio, bem como o seu desdobramento, somado à estratégia de cada organização pública. A coleta de informações deu-se pela técnica de entrevista semiestruturada, tendo como objetivo a elaboração de um modelo que refletisse a natureza do setor público e que agregasse valor para o cidadão.

Segundo Minayo (1992), a entrevista semiestruturada pode ser definida como uma técnica reveladora de condições estruturais de sistemas, normas, símbolos e valores, uma vez que pressupõe um diálogo entre entrevistado e entrevistador com ênfase nos objetivos preestabelecidos. Nesse caso, adotou-se perguntas que enfatizassem as necessidades do cidadão, os pontos de alerta revelados por seus discursos, além de necessidades não atendidas ou, até então, não identificadas. Além disso, levou-se em conta o diagnóstico prévio organizacional, a partir de um projeto com duração de dezoito meses, realizado em um órgão público da Administração Direta, que interfaceia como órgão gestor com diversos órgãos que oferecem serviços e políticas públicas ao cidadão, também chamados como órgãos setoriais. Como resultado, obteve-se um diagnóstico da situação atual, o qual possibilitou a ideação do modelo sugerido nesse trabalho.

4. MODELO PROPOSTO

O modelo experimental de Cadeia de Valor proposto, visa compilar em um único modelo, elementos que demonstrem a integração de informações relevantes entre os direcionadores estratégicos, os processos de negócios, além das informações referentes à estrutura organizacional do órgão analisado.

Conforme exposto no diagrama na Figura 1, o modelo experimental proposto neste estudo é formado por seis blocos de informações, sendo que esse quantitativo não é euxarível e foi determinado conforme a missão do órgão escolhido. Tais blocos contêm os respectivos macroprocessos e os processos dispostos de forma encadeada, de acordo com a perspectiva de execução do negócio, respeitando a entrada, consumo e saída de informações.



Figura 1. Modelo experimental da Cadeia de Valor

Os blocos de informação e macroprocessos, possuem as seguintes características, conforme a Figura 1:

- Bloco de macroprocessos de planejamento e formulação estratégica (1): são macroprocessos orientados a uma visão ponta a ponta do negócio e agrupados por seu valor estratégico na criação e apoio ao negócio. Foram separados propositalmente, dada a complexidade do negócio público e a urgência na coordenação e planejamento para com as partes interessadas e demais órgãos vinculados. Para esse modelo, foi enfatizado, dado o negócio do órgão utilizado.
- Bloco de macroprocessos *compliance* (2): mostra os macroprocessos que garantem a conformidade e aderência dos procedimentos internos e externos. Foi destacado propositalmente por conta da exigência da sociedade em manter o negócio público transparente e controlado, o que agrega alto valor e impacto na missão e visão do órgão;
- Bloco de macroprocessos de governança (3): macroprocessos estratégicos ou de gerenciamento, utilizados para medir, monitorar, controlar atividades e administrar o presente e o futuro do negócio;
- Bloco de macroprocessos de negócio (4): macroprocessos finalísticos ou primários, tipicamente interfuncionais que agregam valor diretamente ao beneficiário da temática para qual o órgão foi criado;
- Bloco de macroprocessos de gestão e sustentação (5): macroprocessos de sustentação e apoio, utilizados para agregar valor para os processos de negócio e de governança;
- Bloco inferior horizontal (6) : refere-se à descentralização administrativa, prática comum na da Administração Direta, indica os macroprocessos supervisionados ou vinculados ao órgão central;
- Bloco superior horizontal (7): são dispostos botões indicativos (habilitados ou não) que vinculam a unidade organizacional do órgão representado nos processos. Por exemplo, ao representarmos o nível máximo de abstração do modelo de Cadeia de Valor (nível estratégico), o botão “Nome/Sigla do órgão”, deverá estar habilitado no modelo, dessa maneira indicando a referida representação. Caso exista a necessidade de descompactar algum macroprocesso, o botão que deverá ser habilitado para aquele nível de abstração será o da “unidade organizacional” dona do referido processo de negócio e assim sucessivamente (nível 0, nível 1, nível 2, nível “N”). Observa-se que o limite de abstração para a descompactação da Cadeia de Valor, para esse modelo, deverá ser até o limite do fluxograma, que não entrará no escopo desse trabalho. Deve-se fazer a seguinte pergunta, antes de desdobrar para um outro nível de abstração: esse processo pode ser representado por meio de um fluxograma? Se a resposta for sim, finalizou a representação da Cadeia de Valor. Se a resposta for não, desdobra-se e representa-se outro nível de “macro-processo”.
- Bloco de vinculação à estratégia do órgão (8): refere-se aos eixos e objetivos estratégicos: estabelecidos no mapa estratégico com prazos definidos para serem alcançados; a visão: fornece um ideal na direção da qual os esforços organizacionais possam se direcionar.

5. CONCLUSÕES E DISCUSSÕES

Baseado nas informações da literatura e nas observações do estudo experimental, pode-se inferir que o elemento Cadeia de Valor tem sido um aliado importante e inovador no setor público, haja visto suas contribuições de identificação dos processos no auxílio das ações coordenadas de gestão por resultados, governança, dentre outras.

Esses resultados alavancam a necessidade desse estudo e da vinculação desse modelo, que de forma hipotética relaciona os conceitos. Ainda sobre o posicionamento superior e estendido, explica-se que foi elaborado com o objetivo de retratar (de forma visual) a incorporação da missão nos blocos de macroprocessos gerenciais, finalísticos e de suporte. A ideia implícita no desenho é da representação de um “guarda-chuva”, ou seja, todos os processos do órgão funcionando “sob” “essa” missão. Complementando, assim, a visão do todo.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio das Agências brasileiras de pesquisa, desenvolvimento e inovação CNPq (INCT SegCiber), CAPES (FORTE e PROBRAL) e FAPDF (UIoT e SSDDC), bem como o suporte do Laboratório LATITUDE/UnB (SDN), e as cooperações com o Ministério da Economia (TED DIPLA 005/2016).

REFERÊNCIAS

- Baldam, R. L. et al. *Gerenciamento de processos de negócio - BPM: uma referência para implantação prática*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- Gonçalves, J. E. L. As Empresas são grandes coleções de processos. São Paulo: RAE – *Revista de Administração de Empresas*, v40, n° 1, p. 6-19, 2000.
- Minayo, M. C. S. *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. São Paulo: Ed. HUCITEC-ABRASCO, 1992.
- Porter, M. *Vantagem Competitiva: Criando e sustentando um desempenho superior*, Ed. Campus, 1990.

ANÁLISE DO IMPACTO DAS TÉCNICAS ANTI-FORENSE E HARDENING NO SISTEMA OPERACIONAL WINDOWS 10 EM UMA ANÁLISE FORENSE, OBJETIVANDO O AUMENTO DE SEGURANÇA EM NOTEBOOKS

Lucas Maurício Alves Zigunow, Georges Daniel Amvame-Nze, Rafael Timóteo de Sousa Júnior e William Ferreira Giozza

Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia Elétrica (PPEE), Departamento de Engenharia Elétrica Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasil

RESUMO

Nos dias atuais, a segurança da informação tem sido abordada cada vez mais nos meios acadêmicos e civis, objetivando à proteção de dados contra ataques cibernéticos realizados explorando vulnerabilidades encontradas em sistemas operacionais ou em aplicações, configurações mal feitas ou até ações tomadas por usuários que possam permitir a um invasor obter acesso e controle de um computador. Poucos assuntos abordam e definem métodos que possam ser utilizados para proteger computadores e os dados armazenados em disco e memória em caso de perda ou roubo. Visando o aumento da segurança nos computadores contra acessos indevidos, neste trabalho serão utilizadas de maneira conjugada e especializada, técnicas anti-forense e *hardening* do sistema operacional Microsoft Windows 10 com intuito de aumentar a segurança dos computadores.

PALAVRAS-CHAVE

Segurança de Computadores, Anti-Forense Computacional, *Hardening* de Sistemas Operacionais Windows 10, Proteção de Computadores

1. INTRODUÇÃO

Devido ao crescente número de ataques cibernéticos, as empresas e órgãos governamentais estão investindo maior quantidade de recursos na proteção dos seus sistemas e serviços, criando desde políticas e normas para seus funcionários voltadas para a segurança da informação, até a implementação de dispositivos para monitorar, defender e proteger seus ativos de TI contra os ataques cibernéticos.

Algumas políticas de segurança da informação, voltadas para o usuário final abordam algumas questões que são principalmente direcionadas para a navegação na Internet, pois é onde atualmente ocorrem os principais casos de ataques. No Brasil, um exemplo é a Cartilha de Segurança para a Internet publicada pelo CERT.br, que apresenta ações a serem tomadas por uma pessoa, principalmente para realizar a utilização da Internet, de forma mais segura.

Quanto à proteção voltada especificamente aos dispositivos, poucos assuntos são abordados. Em resumo, os principais temas relacionados a isso são: instalar software apenas de fontes conhecidas e originais, realizar a atualização de softwares e sistema operacional, instalação de software de antivírus, não permitir que o computador acesse o sistema operacional diretamente (ou seja, utilizar senha para acessar o sistema operacional) e utilizar criptografia nos discos. Ou seja, mais de cunho procedimental de usuários do que de configuração de hardware.

Caso um computador seja roubado ou perdido, quão seguros estarão os dados armazenados nesse dispositivo que esteja utilizando essas medidas apresentadas? Outro exemplo de ameaça é que atualmente, ao entrar em outro país, os agentes que trabalham nas alfândegas estão solicitando vistoriar equipamentos eletrônicos, inclusive acessando e analisando o conteúdo dos dados neles armazenados, em busca de dados ilícitos. Nessas vistorias, algum arquivo pode ser copiado e/ou apagado, além de também poder ser instalada alguma aplicação maliciosa durante a inspeção.

Com o objetivo de aumentar a segurança nos computadores, este trabalho pretende com o auxílio das técnicas de anti-forense e de *hardening* no sistema operacional Windows 10, demonstrar as medidas a serem tomadas e como aferi-las através da realização de uma análise forense nos notebooks utilizados nesse trabalho.

2. CONCEITUAÇÃO DOS TEMAS ABORDADOS

As técnicas de anti-forense computacional são utilizadas de forma intencional ou acidental para obscurecer, encriptar ou esconder dados de ferramentas forenses (PHILIPP et al., 2010). O *hardening* do sistema operacional é um conjunto de técnicas que visa reduzir a superfície de ataque, retirando diversas permissões e configurações do sistema operacional implementadas como configuração padrão (BELDING, 2019). A perícia forense computacional envolve a obtenção e a análise de informações digitais para serem usadas como evidência em casos criminais, civis e administrativos (NELSON et al., 2010).

Neste trabalho, hipoteticamente assumimos que uma pessoa tenha perdido seu notebook, e que nesse caso a perícia forense computacional será a atuação de uma pessoa que tenha encontrado o notebook e esteja tentando obter os dados nele contidos. As técnicas de *hardening* e de anti-forense computacional implementadas visam proteger os dados ali presentes. Essa hipótese tem como objetivo avaliar os impactos das técnicas que serão abordadas em uma análise forense.

O aprimoramento da segurança dos computadores será a união das técnicas anti-forense computacional e *hardening* do sistema operacional visando proteger o computador contra acessos indevidos, buscando a proteção dos dados e do sistema. É importante ressaltar que essas técnicas não estão sendo demonstradas com intuito de cobrir qualquer traço ou vestígio de crimes cibernéticos.

2.1 Implementações de Segurança na Inicialização do Notebook

O primeiro tema a ser tratado visa utilizar medidas de segurança na inicialização do notebook. Utilizaremos apenas equipamentos que possuam BIOS *Unified Extensible Firmware Interface* (UEFI), devido a ter algumas configurações que o padrão de BIOS antigo não possuía.

Algumas configurações da UEFI dependerão do software que gerencia a própria UEFI, que pode ou não conter alguns recursos. Em alguns casos, atualizar a *firmware* do UEFI pode trazer alguns novos recursos que não estavam habilitados, além de corrigir alguma falha de segurança que possa existir em versões anteriores.

Também é possível habilitar dois recursos importantes para a proteção do computador, o *Secure Boot* e o *Trusted Platform Module* (TPM). O TPM é um recurso que não está disponível em todos os computadores, pois depende de ter um chip instalado na placa-mãe usada pelo computador.

O *Secure Boot* é uma função que na configuração e montagem do computador pela fábrica, a UEFI cria uma lista de chaves para identificar componentes de *hardware*, *firmware* e códigos de carregamento dos sistemas operacionais confiáveis. Essas listas visam proteger o computador de *malwares* ou que o computador não inicialize utilizando mídias ilegais ou por sistemas operacionais não identificados na lista de chaves (KHANSE, 2017).

O TPM é um chip projetado para que a inicialização do sistema seja mais segura e para desempenhar as funções criptográficas, realizando medição de integridade do sistema, além da criação e gerência de uso das chaves criptográficas (MICROSOFT DOCS, 2018).

É importante salientar que algumas dessas configurações podem ser desfeitas, como por exemplo, definir o acesso ao UEFI mediante a senha, inicializar o sistema operacional utilizando uma senha ou impedir o uso de alguma mídia de CD-ROM ou *pen drive* contendo outro sistema operacional. Tais alterações podem simplesmente serem desfeitas alterando alguns pinos na placa-mãe ou retirando a bateria que mantém as informações da UEFI gravadas.

As medidas adotadas para a proteção da UEFI, devido à facilidade de serem desfeitas, tem como principal objetivo afastar pessoas de baixo conhecimento em computação ou que não tenham como obter acesso aos componentes físicos do notebook, a fim de serem impedidas de obter acesso ao sistema operacional e aos dados nele contidos.

2.2 Segurança dos Discos Rígidos e dos Dados Armazenados

Após trabalhar na inicialização do equipamento a ser utilizado, o próximo componente a ter implementadas camadas extras de segurança é o disco rígido ou *hard disk* (HD). A melhor forma de proteger o HD é a utilização de criptografia, pois com ela é possível criptografar o disco inteiro, ou uma partição, ou criar um contêiner para armazenar arquivos. Utilizando a criptografia de disco, também é possível criar um segundo sistema operacional, o qual será utilizado apenas para armazenar os dados mais sensíveis.

As seguintes técnicas anti-forense serão utilizadas para armazenar os arquivos no HD de forma segura e dificultar o acesso aos dados mais sensíveis: armazenar arquivos no *slack space*, armazenar arquivos no NTFS *Master File Table* (MFT), armazenar arquivos nos *bad blocks* e armazenar arquivos usando os espaços reservados do *inode*.

O *slack space* é um espaço não utilizado dentro de um *cluster* do disco rígido. O MFT é uma estrutura que armazena os dados referentes à localização de todos os arquivos e diretórios dentro de um disco rígido. Os *bad blocks* são defeitos físicos na superfície de um disco rígido, e que nesse caso será forjado e utilizado para esconder arquivos. O *inode*, no caso do sistema de arquivo NTFS *File Index Number*, contém diversas informações de um arquivo ou pasta, como o usuário dono do arquivo, permissão de acesso ou informações sobre data e hora de criação do arquivo ou de modificação.

2.3 Hardening no Sistema Operacional Windows 10

As versões *Home* e *Professional* do sistema operacional Windows 10 são mais encontradas em notebooks. A versão *Home* vem instalada principalmente em notebooks comprados para o uso pessoal, enquanto a versão *Professional* é encontrada em notebooks utilizados por empresas, pois possui mais opções que a versão *Home*.

As implementações de seguranças, através do *hardening*, visam diminuir as superfícies de ataques que podem ser encontradas no sistema operacional Windows 10, utilizando serviços e configurações que são habilitados por padrão e que podem ser desabilitados.

Serão realizadas diversas configurações que alterarão como exemplo: política local do computador, configuração de usuário, modificações no registro do *Windows* e ajustes no sistema operacional.

3. METODOLOGIA APLICADA AO TRABALHO EM ANDAMENTO

Utilizando as técnicas conceituadas anteriormente, serão implementadas medidas para aumentar a segurança visando dificultar o acesso indevido ao dispositivo e aos dados armazenados, através de técnicas utilizadas contra uma análise forense e também utilizando técnicas de *hardening* do sistema operacional Windows 10.

Para alcançar esses objetivos, inicialmente foi realizado um estudo bibliográfico sobre os temas, visando encontrar os principais pontos a serem trabalhados. Dessa forma, encontramos os seguintes assuntos, proteção UEFI, proteção dos discos rígidos e *hardening* do sistema operacional Windows 10.

Estudando cada tema individualmente, começando pela UEFI, observamos que existem itens que podem ser utilizados para ampliar a segurança, como o uso de senha tanto para acessar a UEFI quanto para inicializar o sistema operacional, a habilitação caso o notebook possua o chip TPM, configurar a função de *secure boot* e impedir que sejam utilizadas mídias com outros sistemas operacionais para acessar o computador.

Na aplicação de segurança nos discos rígidos, serão explorados assuntos que visam garantir tanto a segurança física quanto dos dados armazenados no dispositivo. Quanto à segurança física dos discos, abordaremos assuntos como por exemplo a utilização de *ATA Password*, que tem por objetivo impedir que seja feito um clone do disco rígido por duplicadores forenses. Em relação à proteção lógica, o uso de criptografia nos discos visa impedir o acesso aos seus dados, bem como a criação de um contêiner com outro sistema operacional, que pode ser usado para trabalhar dados sensíveis.

Após realizarmos a segurança da UEFI e do disco rígido, o próximo passo é realizar o *hardening* no sistema operacional Windows 10. Um exemplo disso é remover os privilégios de administrador de todos os usuários, criando um perfil de administração que será utilizado apenas quando necessário. Outro exemplo é impedir que o sistema operacional, ao ser desligado, grave nos arquivos *pagefile.sys* e *hiberfil.sys* o que está sendo executado na memória para agilizar o processo de inicialização do sistema operacional, pois nesses dois arquivos é possível extrair informações como senhas em claro.

Após as implementações das técnicas citadas e visando validar e demonstrar os impactos que possam causar, definir o nível de proteção que essas implementações podem oferecer no tocante à proteção do computador bem como dos dados ali presentes, será realizada uma análise forense nos dispositivos, objetivando ganhar o acesso ao equipamento e obter o máximo de informações que possam ser extraídas.

Essa análise forense será realizada de forma separada em cada um dos temas trabalhados, com o objetivo de demonstrar a efetividade de cada um deles quanto ao ganho de segurança no computador. Posteriormente será realizada uma análise forense com todos os temas aplicados em conjunto, objetivando avaliar de maneira geral a eficiência da combinação dessas medidas propostas para aumentar a segurança dos computadores.

Para realizar a validação das técnicas descritas neste artigo, serão aplicadas em três notebooks de marca, modelo e sistemas operacionais com versões diferentes com o objetivo de ampliar a variedade de objetos a serem testados.

A variação das marcas e modelos dos equipamentos utilizados foram definidos por possuírem configurações variadas de hardware e software, como um exemplo a BIOS, que dependendo da marca e modelo, possui ou não algum recurso habilitado que pode ser utilizado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho visa criar uma metodologia que possa ser usada por todos a fim de aumentar a segurança nos equipamentos de informática do tipo notebook, contra acessos indevidos e tentando mitigar o vazamento de dados e informações que possam causar algum prejuízo para as pessoas ou empresas.

Outro objetivo deste trabalho é medir o impacto das técnicas de *hardening* no sistema operacional Windows 10 em uma análise forense, tentando descobrir alguma evidência, encontrar arquivos protegidos e/ou obter alguma informação que possa ser recuperada.

Além disso, este trabalho será submetido para apreciação da Força Aérea Brasileira (FAB), visando criar uma normatização para a proteção dos computadores (notebooks) utilizados pelos militares e civis que trabalhem naquele órgão e que estejam realizando missões externas às unidades militares a que pertençam, visando aumentar a segurança dos equipamentos e dos dados neles contidos.

REFERÊNCIAS

- Belding, Greg (2019). Windows 10 Hardening Techniques. [online]. Disponível em: <https://resources.infosecinstitute.com/category/certifications-training/securing-windows-ten/windows-10-hardening-techniques/> [Acessado em: 22 de Outubro de 2019].
- Hoffman, Chris. How Secure Boot Works on Windows 8 and 10, and What It Means for Linux. [online]. (Última atualização 5 de Julho de 2017). Disponível em: <https://www.howtogeek.com/116569/htg-explains-how-windows-8s-secure-boot-feature-works-what-it-means-for-linux/> [Acessado em: 21 de Outubro de 2019].
- Hoffman, Chris. How to Secure Your Computer With a BIOS or UEFI Password. [online]. (Última atualização 12 de Julho de 2017). Disponível em: <https://www.howtogeek.com/186235/how-to-secure-your-computer-with-a-bios-or-uefi-password/> [Acessado em: 21 de Outubro de 2019].
- Khanse, Anand (2017). How to Secure the Windows 10 Boot Process. [online]. Disponível em: <https://www.thewindowsclub.com/secure-windows-10-boot-process> [Acessado em: 21 de Outubro de 2019].
- Microsoft Docs (2018). Visão geral da tecnologia Trusted Platform Module. [online]. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/pt-br/windows/security/information-protection/tpm/trusted-platform-module-overview> [Acessado em: 19 de Outubro de 2019].
- Nelson, Bill. et al, 2010. Guide to computer Forensics and Investigations. 4th ed. Course Technology - CENGAGE Learning, Boston, Massachusetts, USA.
- Philipp, Aaron. et al, 2010. Hacking Exposed Computer Forensics, 2nd ed. McGraw-Hill, New York, New York, USA.
- Schneider, Michael (2017). Windows 10 Hardening. [online]. (Última atualização 2 de Setembro de 2019). Disponível em: https://github.com/0x6d69636b/windows_hardening [Acessado em: 21 de Outubro de 2019].

HACIA UN MODELO PARA LA GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE INTERFACES GRÁFICAS CENTRADAS EN EL USUARIO

Pedro Omar Silva-Vásquez¹, Edgard Benítez-Guerrero² y Viviana Yarel Rosales-Morales³

¹Universidad Veracruzana - CONACYT

²Universidad Veracruzana

³Cátedras CONACYT - Universidad Veracruzana

Facultad de Estadística e Informática, Av. Xalapa s/n Obrero Campesina 91020 Xalapa-Enríquez, Ver. México

RESUMEN

En los últimos años se han presentado trabajos en ingeniería de software para el desarrollo de aplicaciones de diversas índoles, sobre todo en dos áreas principales: el modelado de la aplicación y la generación automática de código. Aunque estas aplicaciones generadas automáticamente pueden ser de gran utilidad para agilizar los tiempos de desarrollo, se ha dejado de lado la apariencia de la interfaz gráfica de usuario (GUI por sus siglas en inglés) y la interacción, la cual no necesariamente cumple con los requerimientos de interacción esperados por los usuarios finales porque solo se toma en cuenta la funcionalidad de la aplicación. Por otra parte, el diseño centrado en el usuario (DCU), es un enfoque al diseño y desarrollo de sistemas interactivos donde se busca hacerlos más usables. Tomando en cuenta los conceptos del DCU, en este documento se propone un nuevo modelo que plantea como objetivo principal, además de la generación automática de interfaces gráficas de usuario, que se contemple el diseño centrado en el usuario durante la generación automática de las mismas. Para esto se analizaron los trabajos relacionados con la generación automática de software y de código, el DCU y la usabilidad.

PALABRAS CLAVE

Diseño Centrado en el Usuario, Interfaz Gráfica de Usuario, Generación Automática de Software, Usabilidad, Interacción, Experiencia del Usuario

1. INTRODUCCIÓN

En el área de la Ingeniería de Software se han presentado trabajos para el desarrollo de aplicaciones de diversas índoles, los cuales buscan un desarrollo de software eficaz y eficiente. Esto ha conllevado a que se desarrollen aplicaciones utilizadas para generar la aplicación y la generación automática de código; sin embargo, estos desarrollos solo toman en cuenta la funcionalidad de la aplicación, pero esto no asegura que la interfaz gráfica de usuario cumpla con los conceptos de un diseño centrado en el usuario (DCU).

En los documentos consultados para esta investigación, particularmente Marín, Giachetti y Pastor, (2007), Rosales-Morales et al., (2019) y Panach et al. (2007), presentan propuestas de generación automática de código para aplicaciones. De estos, en ninguno se toma en cuenta el diseño centrado en el usuario, enfocándose en la funcionalidad de la aplicación y proponiendo maneras en las que se puede agilizar el tiempo de desarrollo. Sin embargo, es importante considerar el DCU para la interacción del usuario final, porque una GUI centrada en el usuario ayuda a determinar si la aplicación es útil, usable y posteriormente deseable (Nielsen, 2012).

Durante la investigación no se ha encontrado una sola técnica o método de recolección de datos para los requisitos que hagan que una aplicación tenga un diseño centrado en el usuario en la primera entrega al usuario final, y las metodologías utilizadas suelen ser muy lentas, ya que conllevan diversos pasos: primero se realiza un análisis de los requerimientos del usuario para conocer sus necesidades, después se presenta la propuesta de diseño, y esto se complica si el análisis de requerimientos fue ejecutado de manera incorrecta, lo cual conllevaría a tener que realizar todo el proyecto de nuevo para poder agregar las correcciones del usuario final.

El ciclo del diseño centrado en el usuario se puede apreciar en la figura 1. El primer paso, marcado de color verde, es la identificación de las necesidades del usuario. El segundo paso es comprender y especificar el contexto del uso. El tercer paso es especificar el usuario y los requerimientos organizacionales, mientras que el cuarto paso es el diseño de la solución, mismo que en el quinto paso se evalúa contra los requerimientos solicitados por el usuario. Finalmente de ser esto correcto, en el sexto paso se termina ya que el sistema satisface los requerimientos específicos del usuario y su organización. Si no se cumplen con los requerimientos específicos del usuario y de la organización, se debe comenzar de nuevo el ciclo.

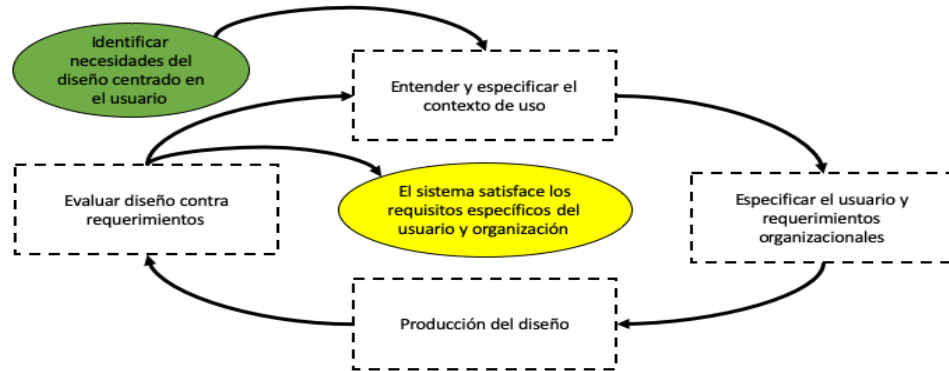


Figura 1. Ciclo del diseño centrado en el usuario. Fuente: Sánchez, (2011)

Esta metodología para el diseño centrado en el usuario sirve para evidenciar que en los trabajos relacionados que se centran en la generación automática de código no se ha considerado la importancia del DCU, ya que las aplicaciones antes mencionadas se centran en agilizar el proceso de desarrollo de sistemas y aplicaciones, pero no consideran la usabilidad y apariencia, incumpliendo con los requerimientos de diseño que espera el usuario. Una vez que se cumplen con las funcionalidades de la aplicación, si el sistema muestra un mal diseño de distribución, mal manejo de colores, saturación de mensajes, o si el usuario debe dar más clics de los necesarios, terminará por ser tediosa para el usuario final y caer en desuso.

Como se puede apreciar el proceso del DCU no es lineal, y para ser evaluado Nielsen (2000) considera que las evaluaciones con 5 usuarios solo se podrían alcanzar un 80% de los problemas y con 15 participantes, se puede alcanzar el 100% de los problemas de usabilidad, estas pruebas suelen ser muy lentas y costosas, perdiendo el objetivo primordial que es acortar el tiempo en el que se realiza el diseño.

El resto de este documento presenta un modelo que se someterá a pruebas y evaluación, el documento está organizado de la siguiente manera, la sección 2 presenta los trabajos relacionados a los temas de interés. La sección 3 describe el modelo propuesto para solucionar el problema planteado de la generación automática de aplicaciones. Por último, la sección 4 concluye este documento.

2. ANTECEDENTES

El objetivo de los antecedentes es fundamentar la falta de implementación del DCU en trabajos de generación automática de código. En el aspecto de desarrollo automático de interfaces se encuentra la propuesta de Rosales-Morales et al., (2019) que presenta a *ImagIngDev*, que es un enfoque para el desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma que utiliza técnicas de procesamiento de imágenes, que se basa en reconocer patrones de diseño de interfaz de usuario para generar el código. En esta propuesta encontraron beneficios de desarrollo ya que permite a los usuarios generar aplicaciones móviles multiplataforma y multi-dispositivo de manera fácil e intuitiva. Para ello presentan las fases del proceso automático de desarrollo de las aplicaciones móviles, donde definen ciertos patrones que debe seguir el usuario que realiza el trazado de los dibujos para no generar discrepancia entre lo que entra y lo que debe generar una vez que ha sido identificado. Estos elementos pasan a la fase de configuración en la que se selecciona la plataforma y configuraciones de la misma, esta fase culmina en la generación de un archivo XML que mandará a la siguiente fase que es la generación de código basado en lo establecido en el XML y la presentación del mismo. No se contemplan los requerimientos de DCU para el usuario final.

La propuesta que expone Marín, Giachetti y Pastor, (2007), a pesar de su antigüedad se le considera de importancia ya que llevaron a cabo un arduo trabajo más extenso que integra la generación automática de código y la incorporación del DCU. En este trabajo presentan la relación entre modelos UML y “OO-method”. Para esto ellos proponen una arquitectura en UML para poder unificar con el OO-method. Una vez que se tiene la conversión se transforma en un archivo XML para que se pueda convertir en XMI (XML Metadata Interchange). Una vez listo el archivo, se ingresa en OLIVANOVA Modeler que es una herramienta de edición y validación de modelos conceptuales OO-method. En la propuesta de Molina y Pastor, (2005) se integra el XMI para que se obtenga la aplicación final, la cual no considera en ninguno de sus puntos de desarrollo las necesidades del usuario y sus interacciones.

En la búsqueda de trabajos relacionados con la usabilidad y la generación automática de códigos se puede mencionar a Panach et al. (2007) con OO-sketch, que es una propuesta que toma como base el trabajo de Marín, Giachetti y Pastor, (2007), los autores de OO-sketch ocupan los modelos de tarea para generar un diagrama de interacción y poder entender las actividades que debe realizar el usuario, buscando que cumpla con los criterios de usabilidad en el proyecto que se va a generar, estos diagramas deberán apoyar el contexto de función y aplicación que debe ejecutarse en el software diseñado. Aunque ellos generan estos diagramas, no mencionan si evaluaron estos diagramas en un proyecto con usuario finales dando la aprobación y avalando el DCU en la aplicación final.

Cabe mencionar que durante el tiempo de la investigación no se han reportado trabajos que además de generar las aplicaciones o las interfaces gráficas de usuario contemplen el diseño centrado en el mismo y satisfagan todas las necesidades de diseño, por lo que el modelo que se propone considera aspectos que insertan el diseño centrado en el usuario en el proceso de la generación automática de código.

3. MODELO PARA LA GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE INTERFACES GRÁFICAS CENTRADAS EN EL USUARIO

Considerando los aspectos mencionados anteriormente sobre la falta de aplicación del DCU en la generación automática de software, se propone un nuevo modelo (presentado en la figura 2). Este modelo representa la generación automática de interfaces gráficas centradas en el usuario, el cual inicia con el “usuario diseñador” de la aplicación que puede ser el analista, el ingeniero en software o el programador, para este caso nosotros lo llamaremos “diseñador”. Después de esto en la primera fase se encuentra el análisis de requerimientos, consta de los requisitos funcionales y los requisitos no funcionales, para brindarles una presentación formal.

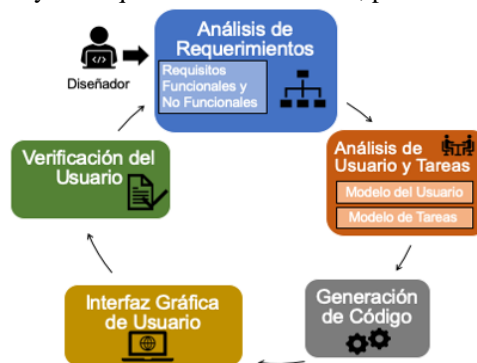


Figura 2. Modelo para la generación automática de interfaces gráficas centradas en el usuario

En la siguiente fase, que es la del análisis del usuario y tareas, se integra el modelo del usuario que para Hassan (2004) es toda la información obtenida de usuarios, para definir la clase o perfiles basándonos en atributos comunes, estos harán la clasificación dependiendo de la información de la audiencia, pero se tratarán atributos como necesidades de información, condiciones de acceso, experiencia y conocimientos éste se agrega por que es parte importante del DCU. Se tiene también el modelo de tareas del usuario, representado en un Concur Task Tree (o por sus siglas CTT) que funcionará para modelar las tareas del usuario en una aplicación interactiva. Este tipo de modelo ayuda a realizar una aplicación intuitiva, su sintaxis gráfica la hace sencilla de interpretar. En esta podemos encontrar 4 tipos de tareas en función del

actor que las llevará a cabo: tareas de usuario, tareas de aplicación, tareas de interacción y las tareas abstractas, así es como lo define Zumaquero, (2009), se considera integrarlo por los antecedentes donde se ha utilizado este modelo.

Una vez que se tengan estas propiedades analizadas se visualiza en una formalización de la aplicación en conjunto para evaluarla por el usuario. Ya que están de acuerdo ambas partes se pasa a la fase de ejecución para la generación automática de código, para así obtener una aplicación generada automáticamente con un DCU, una vez generada la aplicación la GUI se le muestra al usuario final para que él determine si le parece correcta su presentación, la verifique y la apruebe en caso de no hacerlo se regresa a la parte de análisis de requerimiento reiniciando el ciclo.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Los trabajos reportados anteriormente se han centrado en agilizar el trabajo del desarrollo de aplicaciones, con lo cual es posible agilizar el desarrollo de éstas, pero ignoran una parte importante, que es la interfaz gráfica del usuario, siendo esto lo primero que visualiza el usuario y debería cobrar mayor importancia. Debido a esto, aunque la aplicación cumpla con todos los requerimientos de función solicitados por el usuario, si la interacción no tiene un diseño apropiado (centrado en el usuario), ésta se convierte en un aspecto mal calificado por el usuario final. Por esta razón el modelo presentado en este documento es de suma importancia para la generación automática de código y de interfaces gráficas centradas al usuario.

Como trabajo futuro se tiene contemplado realizar una evaluación del modelo propuesto con un caso de estudio, se está trabajando en el área de aplicaciones educativas centradas en el usuario para validar si lo propuesto contribuye en la agilización para obtener aplicaciones que cumplan con los criterios de usabilidad.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue apoyado parcialmente por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México en el marco del proyecto de Cátedras “Infraestructura para Agilizar el Desarrollo de Sistemas Centrados en el Usuario” (Ref. 3053). Agradecemos también a CONACYT por la beca de Doctorado número 395377 del primer autor, así como a la Universidad Veracruzana por el apoyo para el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

- Marín, B., Giachetti, G. and Pastor, O. (2007) ‘Intercambio de modelos UML y OO-method’, MEMORIAS: 10th Workshop Iberoamericano de Ingeniería de Requisitos y Ambientes de Software - IDEAS 2007, (May 2014), pp. 283–296.
- Molina, J. and Pastor, O. (2005) ‘MDA, OO-Method y la Tecnología OLIVANOVA Model Execution’, (May).
- Nielsen, J., 2000. Why You Only Need to Test with 5 Users. [En línea] disponible: <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>
- Nielsen, J., 2012. Usability 101: Introduction to Usability. [En línea] disponible: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>
- Panach, J. I. et al. (2007) ‘OO-sketch: Una herramienta para la captura de requisitos de interacción’, MEMORIAS: 10th Workshop Iberoamericano de Ingeniería de Requisitos y Ambientes de Software-IDEAS 2007, (May 2014), pp.357-370.
- Rosales-Morales, V. Y. et al. (2019) ‘ImagIngDev: A New Approach for Developing Automatic Cross-Platform Mobile Applications Using Image Processing Techniques’, The Computer Journal. doi:10.1093/comjnl/bxz029.
- Sánchez, J., 2011. En busca del Diseño Centrado en el Usuario(DCU): definiciones, técnicas y una propuesta. No Solo Usabilidad. [En línea] http://www.nosolousabilidad.com/articulos/dcu.htm?utm_source=iNeZha.com&utm_medium=im_robot&utm_campaign=iNezha
- Zumaquero, S. F., 2009. Aplicación de la notación CTT (ConcurTaskTrees) a la creación de rutas en un museo, Albacete, España: SYMBIA IT.

CIÊNCIA DE DADOS APLICADA A CONTENÇÃO DE DEMANDAS JUDICIAIS DE MEDICAMENTOS DE ALTO CUSTO NO BRASIL

Adriana Barbosa Lima, Márcio Bastos Medeiros, Carlos Eduardo Lacerda Veiga, Daniel Alves da Silva, Fábio Lúcio Lopes Mendonça e Georges Daniel Amvame-Nze
Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília - DF, Brasil - Zipcode 70910-900

RESUMO

A partir de um estudo de caso realizado na Advocacia-Geral da União (AGU), este trabalho propõe a discussão do potencial da Ciência de Dados para a tomada de decisão. O trabalho apresenta o resultado da construção de um Painel de Visualização (*Dashboard*) para a unidade organizacional responsável pela defesa judicial do Ministério da Saúde. Por meio do processo de criação do Painel, foi possível identificar um imenso potencial a ser explorado pela Ciência de Dados para diversas áreas de gestão e política pública. Uma das maiores contribuições internas à criação do Painel foi permitir à área de negócio visualizar o próprio trabalho considerado de maneira agregada, repensar estratégias de defesa e amadurecer a capacidade analítica que envolve a gestão das atividades jurídicas consideradas de maneira articulada com a defesa da política pública. O trabalho permitiu também vislumbrar caminhos para o cruzamento e análise de dados, tornando claras, objetivas e quantificáveis convergências, distorções, anomalias e, no que tange à atividade jurídica e de gestão, abriu possibilidades para ampliar a capacidade de previsão e aprimorar a fundamentação técnica necessária à ação mais efetiva do governo e de seus agentes.

PALAVRAS-CHAVE

Judicialização de Políticas de Saúde, Painéis de Visualização, Suporte à Tomada de Decisão, Ciência de Dados

1. INTRODUÇÃO

As distintas premissas e tecnologias utilizadas em cada um dos sistemas adotados nas unidades do Poder Judiciário e do Poder Executivo do qual a Advocacia-Geral da União (AGU) é responsável pela assessoramento jurídico e defesa judicial, dificultam a convergência de informações, a interoperabilidade entre sistemas, a extração e análise de dados para a tomada de decisão, tanto para a defesa judicial como para a própria retroalimentação e aprimoramento da política pública de saúde.

A AGU tem atribuição institucional de realizar a proteção jurídica dos órgãos do Poder Executivo, no contexto deste trabalho o Ministério da Saúde (MS). Nesse sentido, este estudo apresenta dados, questionamentos e insumos para uma discussão sobre o papel das novas tecnologias para o aprimoramento da atuação estatal. O objetivo é contribuir para a identificação de caminhos para uso de novas tecnologias - tais como, mineração de dados, aprendizado de máquina, automatização, inteligência artificial, recuperação da informação, sistemas de recomendação, entre outras - como suporte ao aprimoramento de políticas públicas e da atuação jurídica.

A Ciência de Dados tem um imenso potencial para contribuir para a melhoria da tomada de decisão, com o consequente aprimoramento da política pública de saúde e sua gestão. A contribuição dessas abordagens pode ajudar a i) reduzir vieses na tomada de decisão; ii) aproximar entendimentos de atores que partem de premissas conceituais e de atuação diferentes; iii) automatizar rotinas de inserção e tratamento de dados; iv) otimizar o trabalho de gestão; v) identificar agrupamentos e associações entre componentes, agentes e atributos dos processos judiciais; vi) otimizar a gestão da atividade jurídica, da própria política pública e da atuação do Judiciário.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A judicialização é um fenômeno que resulta da intersecção entre os sistemas de justiça e de saúde. Indivíduos e coletivos ingressam no Sistema Judiciário com pedidos e, quando bem sucedidos, saem dele com ordens judiciais para fornecimento de ações e serviços de saúde para cumprimento – em geral, imediato - pelo Poder Executivo. No Brasil, o Acórdão 1.787/2017 (Brasil, 2018) sinaliza uma expansão de R\$ 70 milhões em 2008 para R\$ 1 bilhão em 2015 com gastos em medicamentos e insumos somente pelo Governo Federal Brasileiro.

Analisando as diferentes amostras de dados disponíveis, verificou-se que os números são divergentes, mas bastante expressivos quanto à dimensão do problema. Assim sendo, o tema tende a permanecer na pauta e, mais do que isso, continuar gerando impactos expressivos para as políticas públicas, isso porque o questionamento judicial da atuação estatal é parte do arranjo normativo e, no que se refere a atuação estatal em matéria de saúde, a administração não pode se omitir ou deixar de responder com agilidade quando provocada em juízo.

Os recursos alocados distorcem a capacidade de planejamento e organização da política pública, afetando o atendimento a outras necessidades da área de saúde. Além de provocar um deslocamento dos recursos existentes para diversas ações que compõem o SUS, a judicialização de medicamentos encontra terreno fértil para outros tipos de distorções e desvios. O contexto complexo de troca de informações e dados entre a miríade de atores envolvidos em todo o país, as características territoriais e do arranjo político institucional do Brasil também contribuem para toda sorte de idiosincrasias que desafiam as formas tradicionais de gestão assentadas nos sistemas e abordagens informatizadas atualmente adotadas.

As modernas tecnologias envolvem grandes capacidades de processamento e análise de dados, com o potencial de contribuir para aprimorar substancialmente a gestão pública e das políticas públicas. Elas tornam possível o cruzamento e a análise de dados, a identificar convergências, anomalias, predições e oferecer a fundamentação necessária à ação mais efetiva do governo e de seus agentes.

2.1 Descrição do Ambiente e Amostra de Dados

O Sistema informatizado de gestão arquivística de documentos (SIGAD) da AGU gera, armazena e tramita documentos e seus metadados, sejam nativos digitais ou de suporte analógico convertidos em digital. Incorpora o conteúdo produzido no Judiciário por meio de integração sistêmica. Comporta dados, metadados e documentos em formato HTML e PDF, porém, outros formatos não são incorporados, devendo os operadores do sistema (cadastradores e pessoal de apoio administrativo) inserir uma certidão de conteúdo, que é anexada ao processo. Essa é uma operação humana e não é possível assegurar que haja padrão na execução correta da identificação de entrada de dados.

A qualidade da massa de dados - documentos e processos digitais - está associada, preliminarmente, a esta identificação de origem e formato e não há metodologia ou rotinas estruturadas de auditoria de entrada e correção massivas dos dados para os usuários em uma plataforma analítica ou outra solução informatizada. Na base, há mais de 300 milhões de documentos, 20 mil usuários e 733 unidades organizacionais ativas, além de repositório de componentes digitais (documentos jurídicos e administrativos) de 250 Terabytes.

Entre os itens de atenção e carência relativos aos processos de trabalho que envolvem a defesa judicial da União estão: o suporte tecnológico, a relação e troca com outros sistemas, além da estratégia de conversão de dados, especialmente os não estruturados, em informações necessárias à tomada de decisão. Atualmente, as informações técnicas para a defesa no caso concreto, individual, são genéricas, basicamente obtidas a partir de notas técnicas do Ministério da Saúde. Não são feitas análises automatizadas para conferência de dosagem de medicamentos, verificação de pertinência da adequação da prescrição médica ao caso, avaliação da dosagem, cruzamentos de dados para identificar se a demanda judicial foi feita à Justiça Estadual e, mesmo, para certificação da consistência entre a identidade do paciente com o caso clínico apresentado ou os documentos comprobatórios.

Outro ponto importante é que não são feitas análises agregadas que permitam identificar agrupamentos, tendências, divergências, co-ocorrências ou outros tipos de avaliação que seriam possíveis com o tratamento em massa de dados de diversos formatos e origens. Dessa forma, abrem-se possibilidades de anomalias, ficando prejudicados o acompanhamento e seguimento do tratamento dos demandantes pelos representantes dos órgãos de saúde e mesmo a informação sistemática ao Judiciário a respeito do cumprimento das decisões, com especial dificuldade para aqueles casos de tratamento prolongado.

3. SOLUÇÃO PROPOSTA

A solução deu-se inicialmente por meio da consolidação dos dados e metadados em um painel de visualização que permite analisar um conjunto dos processos judiciais a cargo da área de negócio, associadas à defesa judicial do MS. Esta é uma das primeiras etapas para aprimorar a compreensão e o uso de dados na perspectiva de Analytics e Big Data (Schoenherr e Cheri, 2015).

Então buscou-se identificar os sistemas informatizados existentes para obtenção dos dados. Os dados disponíveis não estavam completos, com a granularidade e especificidade necessárias à análise. Para conseguir esses dados – com alta probabilidade de falha – seria necessário fazer a extração individual dos dados direto do sistema, porém, isso foi descartado em virtude da inviabilidade operacional para o procedimento.

Assim sendo, a extração dos dados foi realizada da base de dados do sistema SIGAD da AGU extraindo somente os metadados dos componentes digitais. Como resultado, foram obtidas doze planilhas com cinco colunas e um total de 84.268 registros referentes à atividade jurídica, entre o início de 2014 e novembro de 2018. Para a extração dos dados, uma consulta foi operacionalizada por meio de dados estruturados em SQL e os resultados foram associados em um modelo lógico com 23 tabelas consolidado a partir do modelo inicial de 75 tabelas de dados tabulares (Frederiksen, 2017).

Uma vez extraídas as planilhas, iniciou-se a etapa da limpeza dos dados: eliminação de dados “null”, exclusão de dados duplicados, definição de agrupamentos, identificação de atributos, consolidação de informações e definição das que fizessem sentido para a área jurídica no processo de tomada de decisão. Após limpeza e tratamento dos dados, foram desconsideradas as tabelas que continham majoritariamente campos nulos ou em branco, restando dezesseis tabelas de dados.

Para fazer a análise de dados foi utilizada a ferramenta Power BI da Microsoft, uma vez que a Instituição tem licença do Pacote Office e a ferramenta está incluída no conjunto de serviços e produtos adquiridos. Então foram analisados os campos e agregações que melhor seriam definidos e consolidados num *dashboard* para atender às necessidades inicialmente identificadas pela área de negócio (Edge, Jonathan e Christopher. 2018).

De acordo com Kugler (2013, p. 135) a construção e utilização de gráficos em *dashboards* devem facilitar a leitura e interpretação das informações, gerar *insights* úteis e, ao mesmo tempo, evitar leituras inadequadas. A escolha dos gráficos deve considerar os objetivos do negócio, o que se pretende exibir, ressaltar ou amenizar em termos de informação, com clareza de se aquilo que será exibido é uma comparação, uma composição ou relação entre os dados.

Em sua versão atual, o painel é composto por blocos de informação, divididos em abas. Será apresentada a consolidação da 1ª Aba, por sua capacidade de síntese e relevância dos conteúdos. Um resumo dos conteúdos mais relevantes das abas seguintes é apresentado e discutido na sequência.

3.1 Panorama do Painel de Visualização

A aba “Análise Geral da PRU - 1ª Região”, conforme a Figura 1, é composta por seis blocos de informação. É possível utilizar filtros da ferramenta para identificar algum dado específico ou reordenar os conteúdos das tabelas por ordem crescente ou decrescente.

O painel apresenta um panorama com dados agregados importantes para contextualização geral e avaliação comparativa entre as ordens de grandeza dos dados extraídos juntamente com a evolução da Taxa de Sucesso Judicial por meio de um gráfico de linha. A Taxa de Sucesso Judicial é um indicador institucional criado para mensurar o alcance de um dos Objetivos Estratégicos da AGU. Busca medir o resultado da atuação contenciosa judicial da AGU de modo a subsidiar decisões gerenciais de melhoria da defesa, da gestão e dos processos de apoio que envolvem a atuação finalística. No cálculo, são consideradas as decisões lançadas pelos usuários, numa composição que totaliza tarefas judiciais encerradas.

Também é apresentada a Variação da Quantidade de Número Único do Processo (NUP) em relação ao Ano Anterior. Apesar de o SIGAD da AGU ter sido adotado a partir de 2014, só foram identificados dados dos doze medicamentos a partir de 2016. A tabela permite verificar rapidamente aumentos ou reduções associadas a cada um dos medicamentos em foco.

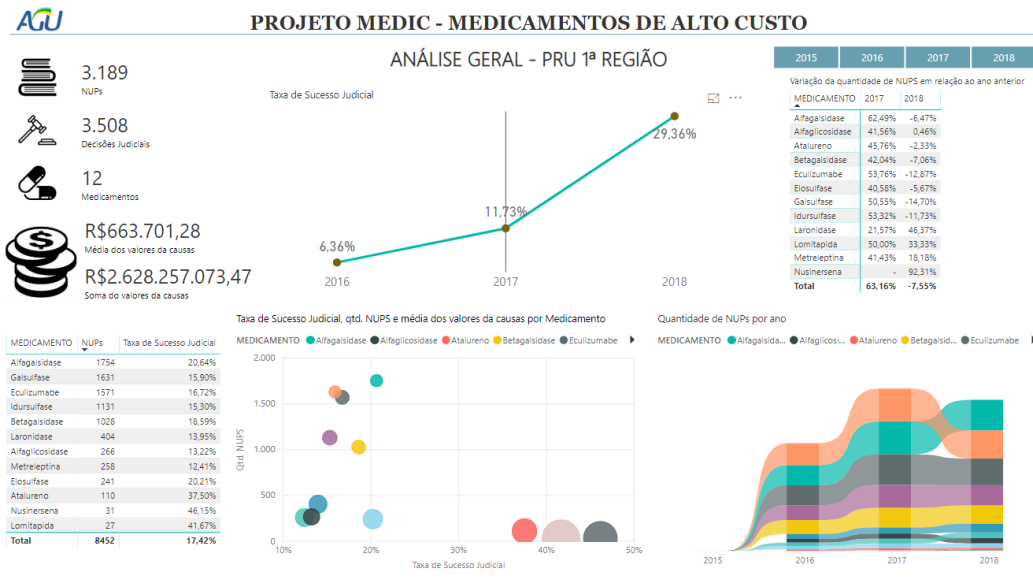


Figura 1. Painel análise geral – PRU 1ª região

Ainda em relação ao painel, é exibida uma tabela com a totalização de *Quantidade de NUPs* e *Taxa de Sucesso Judicial* de cada um dos medicamentos. Intuitivamente, o dado permite identificar prioridades iniciais na análise das estratégias jurídicas adotadas e um gráfico de dispersão do tipo bolha permite visualizar simultaneamente a *Taxa de Sucesso Judicial*, a *Quantidade de NUPs* e *Média dos Valores das Causas por Medicamento*. O tamanho das bolhas sinaliza a média dos valores das causas. No eixo horizontal é possível comparar a taxa de sucesso judicial em cada um dos medicamentos, enquanto no eixo vertical se identificam as quantidades de NUPs.

A última informação apresenta um gráfico de área suave com a Quantidade de NUPs por Ano, que sinaliza em cores a comparação relativa dos medicamentos ao longo do tempo. Outras informações relevantes do Painel e suas principais considerações são: Órgãos julgadores; Decisões favoráveis; Pesquisa de Interessados; Valor das causas; Quantidade de medicamentos e Descoberta de Decisões Favoráveis.

4. CONCLUSÕES E DISCUSSÕES

Considerando que as amostras de dados têm origem em fontes diversas, a solução proposta é de grande relevância para a construção de consenso a respeito da interpretação tanto de conteúdos jurídicos, como da identificação de pedidos, atores e valores envolvidos nas demandas feitas ao Estado.

A solução proposta de análises avançadas, cruzamentos de dados e compartilhamentos de informações entre atores e áreas de saúde e do judiciário podem contribuir para: identificar redundância de pedidos para os mesmos destinatários; auxiliar na identificação da efetividade da entrega e acompanhamento da política pública nas localidades; sinalizar *clusters* de incidência de registros que mereçam investigação científica relevante para a política pública de saúde; otimizar a alocação de recursos públicos tanto na saúde como na defesa judicial e dotar a defesa judicial de informações tecnicamente mais qualificadas sobre a política pública de saúde e seus aspectos tanto nos casos individuais como agregados.

Os resultados obtidos permitiram ter clareza do potencial de análise do conjunto de estratégias e ferramentas de Ciência de Dados para aprimoramento das informações de suporte à atuação jurídica e o decorrente aprimoramento da própria política pública.

5. TRABALHOS FUTUROS

Partindo-se do presente estudo de caso, é claro o grande potencial desta iniciativa para o aprimoramento da atividade contenciosa e, por consequência, das políticas públicas. Por consequência, as seguintes questões de pesquisa futura devem ser consideradas:

1. Análise de componentes digitais, com recursos de inteligência artificial;
2. Criação de um portfólio de serviços jurídicos para além dos órgãos federais, alcançando os entes federados, considerando-se a necessidade de convergência de entendimentos;
3. Sistemas de recuperação e recomendação integrados aos sistemas transacionais existentes que permitam aos usuários identificar convergências e complementações relevantes entre processos.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio das Agências brasileiras de pesquisa, desenvolvimento e inovação CNPq (Projeto INCT SegCiber), CAPES (Projetos FORTE e PROBRAL) e FAPDF (Projetos UIoT e SSDDC), bem como o suporte do Laboratório LATITUDE/UnB (Projeto SDN) e a cooperação com a Advocacia-Geral da União (TED AGU 697935/2019).

REFERÊNCIAS

- Brasil, 2018. *Acórdão 1787/2017*. Tribunal de Contas da União, Brasília. Disponível em: <https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/#/pesquisa/acordao-completo/925320157.PROC>.
- Brasil, 2019. *Judicialização da saúde no Brasil: perfil das demandas, causas e propostas de solução*. Relatório Analítico Propositivo. Conselho Nacional de Justiça, Brasília.
- Edge, Darren, Jonathan Larson, and Christopher White. "Bringing AI to BI: enabling visual analytics of unstructured data in a modern Business Intelligence platform." Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2018.
- Frederiksen, Steffen Zacho. "Data extraction and sparseness discovery from multidimensional databases." U.S. Patent No. 9,684,704. 20 Jun. 2017.
- Green, Ben. "Data Science as Political Action: Grounding Data Science in a Politics of Justice." arXiv preprint arXiv:1811.03435 (2018).
- Kugler, J. L., 2013. *Competência analítica: conceitos e estratégias para a construção de uma empresa inteligente*. São Paulo: Saraiva.
- Schoenherr, Tobias, and Cheri Speier-Pero. "Data science, predictive analytics, and big data in supply chain management: Current state and future potential." *Journal of Business Logistics* 36.1 (2015): 120-132.

Posters

SISTEMA PARA GERENCIAMENTO E MANEJO DE ÁRVORES EM AMBIENTE URBANOS COM FOCO EM CIDADES INTELIGENTES

Gabriel Dias Marinho, Joaquim Pessoa Filho e Leandro Pupo Natale
Universidade Presbiteriana Mackenzie
Rua da Consolação, 930 – São Paulo, S.P., Brasil

RESUMO

Muitos problemas têm surgido nas cidades devido ao avanço populacional nas áreas metropolitanas, concorrendo com áreas verdes principalmente. Desta forma, a queda de árvores torna-se um problema frequente devido principalmente a fatores, como tempo excessivo entre podas, chuvas intensas com reduzidos espaços para absorção desta água, e apodrecimento de raízes devido a ausência de manejo adequado, dentre outros. Este tipo de situação poderia ser evitada, otimizando ainda a preservação das áreas verdes através do uso de tecnologias de monitoramento e gestão. Este projeto propõe uma arquitetura sistêmica para o gerenciamento do manejo de árvores em áreas urbanas, utilizando tecnologias de sensoriamento e conceitos de cidades inteligentes, a fim de preservar e prevenir quedas incidentes que venham a interferir ainda mais em vias públicas ou equipamentos públicos.

PALAVRAS-CHAVE

Cidades Inteligentes, Internet das Coisas, Ontologia

1. INTRODUÇÃO

Segundo relatório da ONU[UNRIC] estima-se que a população mundial deva crescer mais de 2 milhões de pessoas até 2050, além disso, estima-se que pelo menos dois terços da população mundial habitará em cidades, aumentando os desafios para os responsáveis pelo gerenciamento das cidades. Para que seja possível acomodar uma grande quantidade de pessoas nas áreas urbanas, tecnologias de informação e comunicação podem ser empregadas para coletar e analisar uma grande quantidade de informações geradas por diversas fontes de dados da cidade[KON], como, redes de sensores, sistemas de trânsito e dispositivos dos cidadãos. Esses dados podem ser utilizados de formas inovadoras para criação de aplicações integradas que melhorem os serviços da cidade e o uso de seus recursos.

O gerenciamento das áreas verdes nas regiões urbanas também é um grande desafio administrativo. Neste sentido, questões relacionadas à queda de árvores causadas por chuvas intensas, ventos e potencializado pela falta do manejo adequado desta vegetação arbórea criam graves problemas relacionados a riscos de acidentes, danos materiais, interrupção de vias públicas, do fornecimento de energia elétrica ou de serviços de telecomunicações.

Este projeto propõe o uso de um sistema capaz de fornecer a gestores urbanos, municípios e outras entidades relacionadas, informações importantes como priorização de períodos específicos de poda para cada espécie, controle de pragas, identificação de áreas de risco, identificação das principais espécies e sua distribuição nas áreas urbanas, entre outras possibilidades.

O objetivo da pesquisa deste projeto é analisar os conceitos relacionados a cidades inteligentes, pesquisar os aspectos necessários aos serviços de manejo de árvores em áreas urbanas, propondo uma solução tecnológica para identificação única das árvores de forma a informatizar o manejo destes ativos verdes urbanos.

2. DESENVOLVIMENTO

A arquitetura proposta neste projeto, representada na figura 1, tem por objetivo armazenar e fornecer um calendário anual e dinâmico de manejo das árvores a administradores públicos, baseado também em normas específicas, estabelecidas por cada municipalidade [ABNT-NBR, 2013], possibilitando interação através de ambiente web.

A implementação de um sistema baseado nesta arquitetura, permitirá fornecer dados específicos para que os administradores públicos possam tomar ações preventivas evitando desastres ambientais e municipais. Este prevê três tipos de usuários (administrador, podador e usuário comum), com visões distintas sobre o sistema. O sistema disponibiliza um módulo público para a divulgação dos dados das árvores a todos os cidadãos de forma online, possibilitando um engajamento social, além disso este módulo também permite aos cidadãos informarem questões relacionadas às árvores de forma a agilizar a entrada de informações no sistema, tais como, a funcionalidade de cadastro de solicitação de poda, que poderá ser realizada por qualquer usuário do sistema.

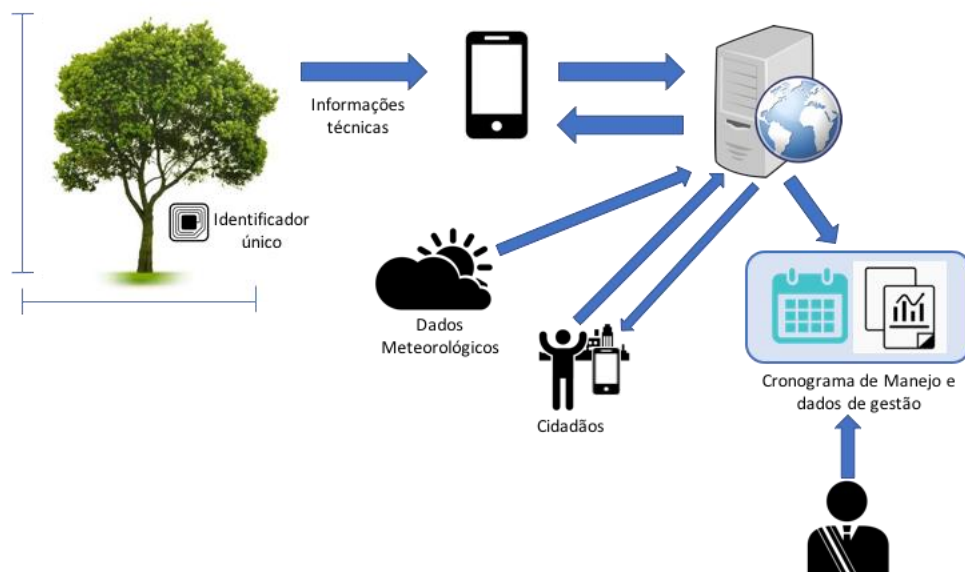


Figura 1. Arquitetura proposta para o projeto

3. CONCLUSÃO

Este projeto tem como objetivo melhorar o manejo de árvores através do uso de tecnologias e conceitos de cidades inteligentes, utilizando dispositivos IoT para identificar unicamente os ativos verdes de uma cidade, criando assim um identificador único [CAMPOS, 2016]. Também será definida uma base de dados ontológica contendo informações (como por exemplo: nome, espécie, localização, última data de poda e entre outros a serem definidos em fase de projeto) de forma a criar uma base de conhecimento [NATALE].

A partir desta base de conhecimento será criada uma plataforma computacional responsável por gerenciar automaticamente os ativos verdes, e assim propor o manejo específico para cada árvore em um cronograma eficiente. Para esta tarefa a aplicação utilizará além dos dados de cadastro das árvores, histórico do clima urbano, previsão do tempo, informações reportadas pelos cidadãos, e outras informações identificadas durante o tempo de projeto.

REFERÊNCIAS

- ABNT-NBR 16246-1, 2013. Florestas urbanas — Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas.
- Campos, Leonardo Barreto, 2016. Towards an IoT-based system for Smart City. 2016 IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE), p. 129-130.
- Kon, Fabio; Santana, Eduardo Felipe Zambom, 2017. Computação aplicada a Cidades Inteligentes: Como dados, serviços e aplicações podem melhorar a qualidade de vida nas cidades. Anais, cap. 4.
- Natale, Leandro Pupo; OMAR, Nizam, 2013. Utilização de Bancos de Dados Ontológicos em Integração de Bases de Dados Heterogêneas. In: Proceedings of International Conference on Engineering and Computer Education, p. 292-296.
- UNRIC, 2013 - Relatório das Nações Unidas estima que a população mundial alcance os 9,6 mil milhões em 2050. <https://www.unric.org/pt/actualidade/31160-relatorio-das-nacoes-unidas-estimaque-a-populacao-mundial-alcance-os-96mil-milhoes-em-2050->

CLASSIFICAÇÃO DE TRÁFEGO COM TÉCNICAS DE DEEP LEARNING PARA GERÊNCIA DA SEGURANÇA NO CONTROLE DE REDES SDN

Ludimila O. Félix, Mateus Romani, Georges Daniel Amvame-Nze,
Rafael Timóteo de Sousa Júnior, Robson de Oliveira Albuquerque
e Bruce William Percílio Azevedo

*Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia Elétrica (PPEE), Departamento de Engenharia Elétrica,
Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, Zipcode 70910-900*

RESUMO

A combinação do modelo de *Software Defined Networks* (SDN) com algoritmos de aprendizado de máquina permite vislumbrar a possibilidade de redes definidas por aprendizado, ou seja, redes que utilizam conhecimentos dos fluxos de tráfego para gerenciar sua configuração e funcionamento. Nesse contexto, as possibilidades que emergem são infinitas, incluindo a previsão de tendências na rede (por exemplo, prevenindo possíveis congestionamentos) e engenharia de tráfego. Essas funções não só contribuem para a disponibilidade da rede, mas também constituem pilares da gerência de segurança de uma rede por empregarem identificação e classificação de tráfego nos aspectos de controle de acesso, filtragem por firewalls adaptáveis e detecção de ataques DoS e DDoS. No presente artigo, é apresentada uma proposta de classificação de tráfego para uso na segurança em redes SDN utilizando aprendizado profundo, *Deep Learning* por *Multi-Layer Perceptron* (MLP).

PALAVRAS-CHAVE

Software Defined Networks, Classificação de Tráfego, Machine Learning

1. INTRODUÇÃO

As redes definidas por software, do inglês *Software Defined Network* (SDN) introduz um conceito de rede com arquitetura logicamente centralizada, que separa o plano de controle do plano de dados. Esse paradigma apresenta uma solução para o aperfeiçoamento do uso dos recursos de uma rede, através de sua visão global. As novas abordagens da internet do futuro estão trazendo novos desafios de acessibilidade, largura de banda e gestão dinâmica dos recursos [Wenfeng 2015].

Nas redes convencionais, para cada dispositivo de rede (componentes de hardware), protocolos e conjuntos de regras são implementados funções de controle e monitoramento do fluxo de dados, gerenciamento do roteamento e interconexão dos dispositivos da rede [Fei 2015]. Há diversas possibilidades que surgem da aplicação de aprendizado de máquina no contexto de redes de comunicação, como por exemplo, a previsão de volume de tráfego, monitoramento de segurança: controle de acesso, *firewall* adaptativo, detecção de DoS e DDoS, e previsão de congestionamento [Amaral 2016]. Uma das vantagens trazidas pelas redes definidas por *software* é a facilidade de implementação e gerenciamento. A separação da camada de dados e a camada de controle, e ainda, a visualização centralizada da rede proporciona uma arquitetura dinâmica, gerenciável, adaptável [Joëlle 2018].

O surgimento do SDN trouxe novas perspectivas para a realização da classificação de tráfego e seleção de recursos. Devido ao mecanismo do protocolo OpenFlow é possível personalizar para reunir recursos de fluxo e indicar política de encaminhamento para cada switch. Com o rápido desenvolvimento da SDN, o número de trabalhos relacionados ao estudo de classificação de tráfego em SDN também emergiu. O número de trabalhos que classificam o tráfego utilizando algoritmos clássicos de aprendizado de máquina é mais extenso, como árvores de decisões e Máquinas de Vetor e Suporte (SVM).

O intuito desse trabalho é propor um método de classificação de tráfego baseado em redes neurais artificiais *Multi-Layer Perceptron* (MLP). O trabalho apresentará inicialmente conceitos importantes para a trabalho, em seguida, os resultados iniciais da pesquisa.

2. CONTROLE DE REDES

A tabela 1 apresenta o resumo das três formas de classificação de tráfego encontradas na literatura.

Tabela 1. Resumo da classificação de tráfego

Classificação	Descrição
Tráfego IP Baseada em portas	Uma forma de classificação do tráfego é pela porta de encaminhamento, afinal, o número de portas é fixado pelo <i>Internet Assigned Numbers Authority</i> (IAN). Essa forma de classificação não é mais viável, afinal, o uso de proxy, a existência de protocolos e aplicações que escondem ou usam números randômicos ou dinâmicos das portas relacionada com cada tráfego torna impossível a associação do tráfego com a porta correta. Além disso, alguns trabalhos, mostram a ineficiência não é eficiente, tendo entre 30% e 70% de erro na identificação do fluxo do tráfego [Jinghua 2018].
Tráfego IP Baseado no Payload	Os sistemas de análise de <i>payload</i> , também conhecidos como <i>Deep Packet Inspection</i> (DPI), usam expressões regulares e identificação de padrões em um fluxo de pacotes, no sentido de tomar decisões sobre a rede. Isso permite a classificação do tráfego e o controle da rede com base nos fluxos de tráfego, conteúdo e aplicação [India 2014]. Tais sistemas apresentam problemas de escalabilidade à medida em que se aprofunda o nível de análise. Várias técnicas vêm sendo utilizadas para reduzir o problema de escalabilidade, incluindo as técnicas de <i>Fast Finite Automata</i> , <i>Deterministic Finite Automata</i> , além de soluções de <i>hardware</i> como <i>Graphic Processor Units</i> e <i>Single Instruction Multiple Threads</i> .
Tráfego IP usando Machine Learning	A ideia das propostas é aproveitar do comportamento estatístico do fluxo de tráfego de rede (como o comprimento de pacotes, tempo de chegada de pacotes e assim por diante) que são únicos para um tipo específico de protocolo ou aplicação [Xue 2013]. Existem três tipos de algoritmos de aprendizado de máquina: Aprendizado supervisionado, não supervisionado e semi-supervisionado. O aprendizado de máquina supervisionado é capaz de classificar fluxos de pacotes com algoritmos como, <i>Support Vector Machines</i> , Árvore de Decisão, Regressão Logística, entre outros. Para isso é necessário obter dados rotulados, algo desafiador de se obter em um fluxo de rede. O uso de algoritmos não supervisionados, pode superar a dificuldade de se obter dados rotulados. Essa técnica geralmente é usada para construir agrupamentos ou, <i>clusters</i> , de acordo com as similaridades que os dados apresentam. Há diversos algoritmos que podem ser usados com aprendizado não supervisionado como <i>K-means</i> e <i>Self Organizing Maps</i> [Amaral 2016]. O aprendizado profundo ou <i>deep learning</i> , é uma técnica de aprendizado de máquina que se vale da capacidade de criação de camadas de neurônios, o que caracteriza os algoritmos de redes neurais artificiais.

3. RESULTADOS

Neste trabalho foi utilizado amostras de um fluxo de tráfego rotulado unidimensional entre um host e um switch de borda: o endereço IP do emissor, endereço IP do destino, número da porta de encaminhamento e número da porta de destino, protocolos da camada de transporte, tempo de início, tempo de fim, duração e tamanho dos primeiros 10 pacotes.

Para melhor eficiência do classificador foi necessária uma filtragem da base de dados das amostras do fluxo de tráfego: ignoramos instâncias repetidas e outliers. A base foi dividida em dois grupos: 80% para treinamento e 20% para testar essa rede. Além disso, foi rotulado o tráfego coletado. A Tabela 2 apresenta alguns dos rótulos do classificador proposto nesse artigo.

Os rótulos são baseados no número das portas de encaminhamento e suas aplicações e categorias. Para construção dessa lista, foi utilizado as informações do IANA. Foi realizado 10 ciclos de aprendizados de uma rede MLP, onde consideramos as 7 saídas possíveis, conforme Tabela 2 de rotulação dos tráfegos. Para realizar o treinamento e extrair as informações desse classificador, usufruímos da toolbox do Matlab. O número de

neurônios na camada oculta foi validado de forma a atingir um ponto ótimo entre precisão e custo computacional, no caso, concluiu-se que sete neurônios na camada oculta teve o melhor desempenho. Demonstrando a alta complexidade do nosso classificador.

Tabela 2. Rótulos para categorização do classificação de tráfego

Categoria	Aplicação e Protocolos
Web	HTTP, HTTPS
P2P	BitTorrent, FastTrack, HotLine, Ares
Mail/News	BIFF, SMTP, POP, IMAP, IDENTD, NNTP
Streaming	MMS(WMP), Real, Quicktime, Shoutcast, Logitech Video IM, Backbone Radio
Encryption	SSH, SSL, Kerberos, IPsec, ISAKM
Games	Minecraft, WOW, LOL, Age of Empires
Chat	MSN Messenger, Yahoo messenger, ICQ

Outra métrica interessante para avaliar a qualidade da nossa classificação, são acurácia, taxa de falsos positivos (FP), taxa de positivos verdadeiros (sensibilidade). Para os 10 ciclos, tivemos 78,8799% como sendo a melhor acurácia do classificador, a sensibilidade para esse caso foi 0,79 e 0,2111 de falsos positivos.

4. CONCLUSÃO

O classificador proposto nesse trabalho para classificação de tráfego e conseqüentemente o controle da rede mostrou-se promissor para o problema proposto. A ideia é expandir esse trabalho para uma classificação on-line. E testar a solução para a classificação de larga escala de tráfego. E conseqüentemente expandir para resolver problemas de ataques em redes SDN.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio das Agências brasileiras de pesquisa, desenvolvimento e inovação CNPq (Projeto INCT SegCiber 465741/2014-2), CAPES (Projetos FORTE 23038.007604/2014-69 e PROBRAL 88887.144009/2017-00) e FAPDF (Projetos UIoT 0193.001366/2016 e SSDDC 0193. 001365/2016), bem como o suporte do Laboratório LATITUDE/UnB (Projeto SDN 23106. 099441/2016-43), e as cooperações com o Ministério da Economia (TEDs DIPLA 005/2016 e ENAP 083/2016) e o Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (TED 002/2017).

REFERÊNCIAS

- Amaral Pedro et al., 2016, Machine Learning in Software Defined Networks: Data collection and traffic classification in IEEE 24th International Conference on Network Protocols (ICNP).
- Fei Hu et al., 2014, A Survey on Software-Defined Network (SDN) and OpenFlow: From Concept to Implementation in IEEE Communications Surveys and Tutorials, Vol. 16, No. 4, pp.2181–2206.
- India, 2014, Deep Packet Inspection, Department of Telecommunications - Government of India.
- Jinghua Y., Jing Y., 2018, A Survey of Traffic Classification in Software Defined Networks, 1st IEEE International Conference on Hot Information-Centric Networking.
- Joëlle M. M. et al., 2018, Strategies for detecting and mitigating DDoS attacks in SDN: A survey in Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, Vol. 13 No. 1.
- Wenfeng Xia et al., 2015, "A Survey on Software-Defined Networking", IEEE Communications Surveys and Tutorials, Vol.17, No.1,pp. 27–51.
- Xue et al., 2013, Traffic Classification: Issues and Challenges in Journal of Communications Vol. 8.4, pp. 240- 248.

Consórcio de Pós-Graduado

TMR SELECTIVA Y RECONFIGURACIÓN PARCIAL DINÁMICA PARA MEJORAR LA TOLERANCIA A FALLOS DE CIRCUITOS EMBARCADOS

Federico Fernández¹, Juan Carlos Fabero² y Hortensia Mecha²

¹Facultad Politécnica –UNA, San Lorenzo, Paraguay

²Facultad de Informática, Univ. Complutense, Madrid, Spain

RESUMEN

La evolución tecnológica de los circuitos integrados pasa por el aumento de la integración de los dispositivos en menor espacio, menor consumo de potencia y el aumento en la frecuencia de operación. Debido al aumento de estas capacidades son cada vez más numerosos los dispositivos de alta complejidad que se utilizan en los sistemas de navegación aérea, guías de misiles y aeronaves espaciales. Estos sistemas tienen la particularidad de que no admiten fallos en su funcionamiento por las consecuencias que pueden tener. Asimismo es cada vez más creciente el uso de dispositivos reconfigurables en estos sistemas por la facilidad de diseño, el tiempo reducido de pruebas y por sobre todo la posibilidad de reconfiguración dinámica. A medida que un dispositivo se aleja de la superficie terrestre existe la posibilidad que partículas de alta energía puedan impactar en estos dispositivos produciendo daños que afectarán el funcionamiento de los mismos. Estos se denominan SEE (Single Event Effects), que son el resultado del impacto de partículas energéticas en zonas sensibles de dispositivos y circuitos integrados. Para enfrentar este problema es necesaria la utilización de técnicas que mejoren la robustez de los dispositivos ante la aparición de estos efectos. Uno de ellos es el TMR (Triple Modular Redundancy) que permite la recuperación del funcionamiento de los sistemas digitales ante la aparición de los efectos del SEE pero a un alto costo en la utilización de recursos y consumo de potencia. El TMR selectivo sin embargo se aplica solo a aquellas partes que son más sensibles a los efectos del SEU.

PALABRAS CLAVE

Hardware Reconfigurable, FPGA, SEE, TMR Selectivo

1. INTRODUCCION

La utilización del hardware reconfigurable es cada vez más frecuente en el diseño de circuitos complejos debido a las herramientas disponibles para reducir los tiempos de diseño, prueba y depuración del circuito final. También ofrece la ventaja de que se puede modificar un diseño realizando los cambios sobre el circuito final ya que en el caso de las FPGA lo que se programa no es software sino hardware, pudiendo el circuito final ser objeto de una optimización constante a medida que pasa el tiempo. Esta capacidad de modificar un diseño dentro de una FPGA se denomina reconfiguración pudiendo ser, según el modelo, estática o dinámica. Los SEE (Single Event Effects) son efectos producidos por el impacto de las partículas de alta energía provenientes del espacio exterior. Debido al aumento en la integración de los dispositivos y a la disminución de su tensión de funcionamiento, el impacto de estas partículas puede producir desde la inducción de ruido en los componentes, el mal funcionamiento o el daño total de los mismos. Por ello se deben encontrar mecanismos que permitan a los dispositivos recuperarse en caso de sufrir algún daño debido al impacto de las partículas de alta energía. Cuando se utilizan las FPGA en los sistemas de navegación y demás circuitos auxiliares en dispositivos de vuelo y aeronaves espaciales los mismos deben tener una capacidad de recuperación ante la presencia de daños provocados por el impacto de estas partículas, que pueden provocar errores de dos tipos: soft errors, cuyos efectos no son permanentes y se denominan SEU (Single Event Upset), y los hard errors, cuyos efectos son la inutilización de la zona afectada y se denominan SEL (Single Event Latchup), debiendo en ambos casos tomar medidas correctoras para recuperar el normal funcionamiento de todo el sistema. Por ello, a fin de garantizar la robustez del sistema se buscan técnicas que garanticen una respuesta a los fallos generados por estas partículas.

Este trabajo está organizado de la siguiente forma: En la sección II se hace una breve descripción del hardware reconfigurable. La sección III describe los diferentes efectos que pueden producir los impactos de las partículas cargadas. En la Sección IV se describe lo que es el TMR. En la sección V describimos las herramientas disponibles y en la sección VI el estado actual del proyecto.

2. HARDWARE RECONFIGURABLE

En esencia, la FPGA es un conjunto de recursos hardware más una memoria de configuración que determina cómo se conectan entre sí los diferentes recursos para ejecutar una tarea. Algunos modelos incorporan la posibilidad de configurar uno o más procesadores empujados lo que aumenta aún más sus posibilidades de diseño y potencia de cálculo. Cuando se realiza un diseño digital, se utilizan los recursos hardware que la FPGA brinda para interconectar los mismos con el fin de implementar el diseño de interés. Normalmente estos diseños están formados por diferentes módulos que interactúan entre sí teniendo los mismos una funcionalidad específica. El tamaño de estos módulos estará determinado por los recursos que necesita para su función específica. Una vez sometido a pruebas y simulaciones el diseño está listo para ser sintetizado y convertido a un archivo de configuración. Este archivo recibe el nombre de bitstream y, una vez que ha sido cargado en la FPGA, el diseño está listo para su utilización. Si por algún motivo se desea modificar una tarea, simplemente se debe realizar el nuevo diseño y mediante el bitstream cargarlo nuevamente en la FPGA para su ejecución. A esto se le llama reconfiguración y es lo que hace a la FPGA muy atractiva con respecto a otras tecnologías de diseño digital. Inicialmente para la reconfiguración de la FPGA cuando se modificaba un diseño se borraba totalmente el anterior denominándose a este procedimiento reconfiguración estática. Posteriormente aparecieron nuevos modelos que permiten modificar una parte determinada de la configuración sin la necesidad de borrar todo el diseño original, permitiendo modificar solamente aquellos módulos de interés sin detener el funcionamiento del sistema. A este procedimiento se le denomina reconfiguración dinámica. En este tipo de reconfiguración se presentan problemas asociados como la fragmentación y el retardo que esto produce en el tiempo de finalización en la ejecución de un diseño que tiene numerosas tareas que se van cargando y liberando de la FPGA. Estos problemas van aumentando a medida que el diseño crece en complejidad (Xilinx., 2004), (Blodget, B. et al., 2004).

3. EFECTOS ASOCIADOS A LOS IMPACTOS DE LAS PARTICULAS DE ALTA ENERGÍA

La evolución tecnológica pasa por el aumento de la integración de los dispositivos, menor consumo de potencia y el aumento en la frecuencia de operación de los mismos. Esto se traduce en un aumento potencial de la vulnerabilidad a los efectos de radiaciones debido al impacto de las partículas cargadas de alta energía. En ciertas aplicaciones en donde no se admiten fallos, este factor se debe tener muy en cuenta. Aquí aparecen los efectos que estos impactos producen, como los SEE (Single Event Effects), que son el resultado del impacto de partículas energéticas en zonas sensibles de dispositivos y circuitos integrados. Estos impactos actúan creando una carga libre en el silicio, que puede resultar en un pulso de corriente de corta duración pero intensa, con consecuencias tales como la generación de ruido en las señales, cambio en el contenido de celdas de memorias y la creación de cortocircuitos destructivos, siendo los efectos más notorios si el impacto se produce cerca de un área sensible. Los SEE tienen una clasificación que depende de los efectos que los mismos producen.

Single Event Upset (SEU): Se produce cuando por efectos del impacto de la partícula cargada se produce el cambio del valor de un bit.

Múltiple Bit Upset (MBU): Sus efectos son mayores que el anterior porque son varios los bits que cambian de valor dentro del circuito.

Single Event Transient (SET): Produce un pulso de corta duración y afecta a circuitos combinatorios, aunque dicho pulso puede ser capturado por un circuito secuencial si se produce a la entrada de éste y coincide con un pulso de reloj.

Single Event Latch-Up (SEL): Este tipo de efectos produce la activación de señales parásitas dentro de los circuitos. Puede ser destructivo.

Functional Interruption (SEFI): Produce la pérdida de la funcionalidad por lo cual se precisa del reset del sistema (Velazco, R., 2013).

Los SEE son asociados a las misiones espaciales, debido a la ausencia del escudo atmosférico que envuelve el planeta y que protege a la superficie de las incidencias de estas partículas de alta energía. Se espera que los efectos de los SEE se hagan sentir más en el futuro debido a que la sensibilidad de circuitos integrados puede aumentar debido a diferentes parámetros. Uno de ellos es la tensión de trabajo de estos circuitos, ya que al ser cada vez más pequeños, el impacto de una partícula cargada puede generar un pico de voltaje que puede inducir ruido dentro del circuito cambiando los valores digitales de los mismos. Este impacto puede producir cambio de uno o varios bits simultáneamente. Otro aspecto a tener en cuenta es la frecuencia de funcionamiento, ya que cuando más elevadas son, un impacto afectará a más bits, con más razón si el dispositivo está en estado de transmisión o recepción. Finalmente está la altura a la que se encuentra el dispositivo, ya que a medida que ésta aumenta también lo hace la posibilidad de que ocurra algún evento de este tipo. También hay que mencionar que todos los bloques combinatorios, memorias y procesadores que están presentes en los circuitos de alta complejidad que componen los sistemas de aviación, misiles y navegación espacial pueden sufrir cualquiera de las formas del SEE.

Por ello a la hora del diseño de estos dispositivos complejos se deben considerar los mecanismos que pueden mitigar o anular los efectos del SEE entre las que se pueden distinguir.

- Triple Modular Redundancy (TMR) Este esquema de mitigación utiliza tres circuitos lógicos idénticos que realizan la misma tarea en paralelo con las salidas correspondientes que se comparan a través de un circuito de votación mayoritario.

- Time Redundancy. Se utiliza cuando se diseñan sistemas tolerantes a fallas que requerirían gran cantidad de hardware adicional utilizándose, en cambio, más tiempo en el cálculo de los mismos. Se utiliza en sistemas en las cuales el tiempo es menos importante que el uso del hardware y se utiliza para distinguir entre fallas transitorias o permanentes.

- Software Redundancy se utiliza en sistemas donde los módulos de programación considerados críticos se duplican o triplican para asegurar la detección de una falla.

Existen otras técnicas para mitigar los efectos del SEE todas ellas son complementarias. Nuestro trabajo estará basado en el TMR. (Berrojo, L. et al., 2002), (Criswell, T. et al., 1984), (Dixit, A. and Wood, A., 2011).

4. QUÉ ES EL TMR TRIPLE MODULAR REDUNDANCY

Todos los sistemas digitales complejos necesitan algún mecanismo de protección ante la presencia de impactos de partículas de alta energía que puede alterar su configuración y, por tanto, su buen funcionamiento. Una vez que estos impactos se produzcan sobre estos sistemas se debe activar un mecanismo que favorezca la tolerancia y mitigación de esos efectos. El TMR (Triple Modular Redundancy) es uno de los mecanismos más utilizados en la actualidad. Este esquema de mitigación utiliza tres circuitos lógicos idénticos que realizan la misma tarea en paralelo con las salidas correspondientes que se comparan a través de un circuito de votación mayoritario. El ejemplo más común de TMR es un circuito C que se ha triplicado y que tiene un votador agregado en su salida, Figura 1. Como en los circuitos complejos el hecho de triplicar

el número de los mismos producen dos consecuencias. Por un lado al aumentar el número de recursos que se utilizan en el diseño también aumenta el consumo de energía, pero protegiendo efectivamente los módulos del circuito que utilizan estos elementos. Y por el otro no se protege a la lógica combinatoria que conecta los circuitos en el diseño.

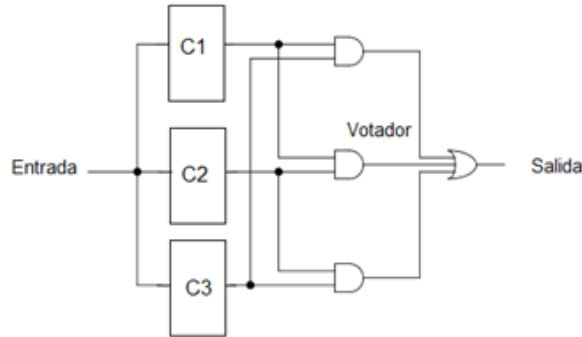


Figura 1. Triplicación de circuitos utilizando TMR

Los efectos de los SEE no se limitan a los registros en diseños digitales, sino que también están presentes en la lógica combinatoria para la cual hay varios esquemas de protección a ser considerados. Estos esquemas tratan sobre todo problemas técnicos transitorios en la lógica combinatoria que podrían provocar trastornos en los elementos secuenciales. Adicionalmente, las FPGA también son susceptibles a los efectos de los SEE en la memoria de configuración SRAM, siendo este efecto más severo porque puede afectar al propio diseño. Por ello para elevar la eficiencia de un sistema de protección se debe tener en cuenta la lógica completa del diseño, tanto la parte secuencial como la combinatoria.

Otra forma de mitigar los efectos de las partículas cargadas en los sistemas digitales es mediante la replicación a nivel modular y teniendo a la salida un sistema de votación que permita determinar si ha habido un error en el funcionamiento de alguno de estos módulos. En este caso un módulo puede representar el diseño completo para un dispositivo en particular o un subcomponente de ese diseño. Este es un medio muy efectivo de mitigación SEE que es fácil de implementar y se puede realizar por completo en un solo dispositivo, siempre que los módulos no utilicen más de un tercio del dispositivo total, Figura 2.

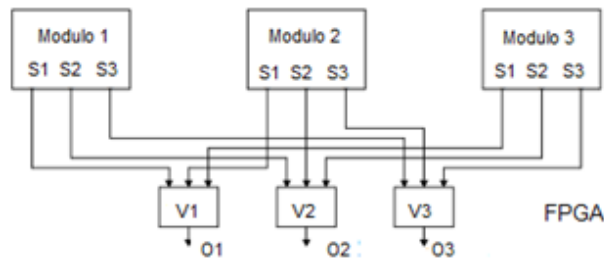


Figure 2. Triplicación de módulos utilizando TMR

Otra alternativa es la redundancia triple de dispositivos. Tiene la más alta confiabilidad para detectar diferentes fallas debidos a los efectos del SEE incluyendo fallas de los mismos dispositivos. Sin embargo, ésta es también la solución más costosa, Figura 3. Una forma de disminuir el costo en recursos y el consumo de potencia en los dispositivos que son triplicados es que si los mismos son de gran complejidad y tamaño ver la posibilidad de determinar qué partes de dichos diseños son más susceptibles de ser afectados por el impacto de las partículas. Hay que tener presente que también los propios fabricantes de FPGA ofrecen soluciones para mitigar los efectos del SEE que pueden presentarse durante su funcionamiento, (Habinc, S., 2002), (Mahatme, N. et al., 2011), (Morgan, K. et al., 2005).

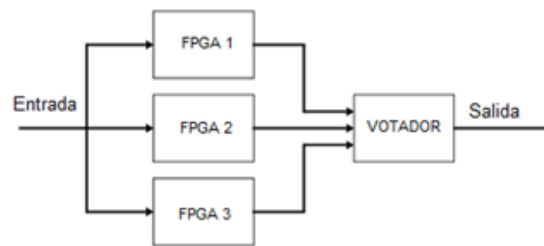


Figura 3. Triplicación de dispositivos

5. HERRAMIENTAS PARA TMR

Existen dos maneras de mejorar la robustez en el funcionamiento de un circuito. El primero de ellos es utilizando las herramientas que suministran los propios fabricantes y la otra diseñándolo a medida. En el primero como nuestro proyecto gira en torno a un modelo de la serie 7 de Xilinx las herramientas deben estar basadas en el entorno de desarrollo Vivado. MicroBlaze TMR Subsystem v1.0 proporciona herramientas de recuperación basado en MicroBlaze, permitiendo el funcionamiento del sistema aun después de encontrar un error, asegurando la fiabilidad del sistema. Diseñar este tipo de herramientas es muy complejo en términos de tiempo y número de ensayos, si se va recurrir al método tradicional de programación utilizando lenguajes como Verilog o VHDL. Pero mediante el uso de módulos de propiedad intelectual IP de Vivado se simplifica la creación de los módulos TMR, ya que la creación de Microblaze y las herramientas de desarrollo TMR se realizan llamando a estas herramientas en el entorno de desarrollo Vivado. Para comprobar la eficacia de las técnicas TMR se pueden realizar simulaciones mediante inyección de errores, bien con las herramientas proporcionadas por los fabricantes (Xilinx, 2017) , (Xilinx, 2017) o mediante software específico, (Claramunt, J. A., 2016), (Serrano, F. et al., 2009), (Rodríguez Bodas, A., 2015), (Zuzarte, M. A., 2014). Hemos elegido para el desarrollo del proyecto la placa Nexys 4 que tiene empotrado una FPGA Artix 7 que además de tener numerosas posibilidades para el desarrollo de circuitos combinatoriales complejos, nos permite el diseño de procesadores empotrados como MicroBlaze y por sobre todo realizar reconfiguración parcial dinámica.

6. ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO

Los pasos previos del proyecto han sido el desarrollo de circuitos con reconfiguración parcial dinámica obteniéndose buenos resultados. El siguiente paso es realizar un banco de filtros FIR de 32 bits en la que pretende implementar un banco de filtros reconfigurables a fin de utilizarlo como diseño de pruebas. Posteriormente iremos implementando los objetivos específicos del proyecto como ser implementación y extracción de resultados experimentales de Técnicas de protección TMR selectivas, la realización de una propuesta de ampliación y mejora de las técnicas TMR tradicionales, el estudio e implementación de técnicas de planificación y ubicación dinámica de tareas sobre plataformas reconfigurables, la extracción de resultados experimentales en cuanto a la mejora de la habilidad y los tiempo de ejecución para las técnicas propuestas y finalmente la presentación de una propuesta de mejoras arquitectónicas en las plataformas reconfigurables.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue realizado con financiamiento de los fondos del Programa PROCIENCIA del CONACYT PINV15-99 y de la F.P. – U.N.A.

REFERENCIAS

- Berrojo, L. Corno, F. Entrena, L. Gonzalez, I. López, C. Sonza Reorda, M. and Squillero, G. 2002 An industrial environment for high-level fault tolerant structures insertion and validation. In Proc. 20th IEEE VLSI Test Symp., pages 229 – 236.
- Blodget, B. Bobda, C. Huebner, M. and Niyonkuru, 2004. A. Partial and Dynamically Reconfiguration of Xilinx Virtex- II FPGAs citeseerx.ist.psu.edu/showciting?cid=4356857.
- Claramunt Pérez, J. A. 2016. Nesy 7.0: entorno de inyección de fallos para Artix-7. <https://eprints.ucm.es/38458/>.
- Criswell, T. Measel, P. and Wahlin, K. L. 1984. Single event upset testing with relativistic heavy ions. IEEE Trans. Nucl. Sci., NS-31(6):1559 1561, December 1984.
- Dixit, A and Wood, A. 2011. The impact of new technology on soft error rates. In IEEE Int. Reliability Physics Symp., pages 5B.4.15B.4.7., April 2011.
- Habinc, S. 2002. Functional Triple Modular Redundancy (FTMR). http://microelectronics.esa.int/techno/fpga_003_01-0-2.pdf.
- Mahatme, N. Jagannathan, S. Loveless, T. Massengill, L. Bhuva, B. Wen, S. and Wong R. Comparison of combinational and sequential error rates for a deep submicron process. IEEE Trans. Nucl. Sci., 58(6):2719 2725, December 2011.
- Morgan, K. Carey, M. Graham, P. Johnson, E. Pratt, B. and Wirthlin, M. SEU-induced persistent error propagation in FPGAs. IEEE Trans. Nucl. Sci., 52(6):2438 2445, December 2005.
- Rodríguez Bodas, A. 2015. Sistema de inyección de fallos para evaluación de la fiabilidad en FPGAS <https://core.ac.uk/download/pdf/79176762.pdf>.
- Serrano, F. Alaminos, V. Clemente, J.A. Mecha H. y Liu, S.F. 2009. NESSY: Una plataforma de inyección de errores para una FPGA Virtex-5. http://www.jornadassarteco.org/js2012/papers/paper_56.pdf.
- Velazco, R., 2013. <https://web.fdi.ucm.es/posgrado/conferencias/RaoulVelazco2013-slides.pdf>.
- Xilinx Inc. MicroBlaze Triple Modular Redundancy (TMR) Subsystem v1.0. Vivado Design Suite PG268 October 4, 2017. Xilinx.
- Xilinx Inc. TMRTool User Guide TMRTool Software Version 13.2UG156 (v3.1.2) June 23, 2017. Xilinx.
- Xilinx Inc. Two flows for partial reconfiguration: Module Based and difference based, 2004. Application Note 290. <http://www.xilinx.com>.
- Zuzarte, M. A. 2014. A tool for run time soft error fault injection into FPGA circuits <https://pdfs.semanticscholar.org/1e98/2091eb77da7c7006cdea93741187fd62fcb2.pdf>.

AUTHOR INDEX

Abreu, J.	243	Dias, C.	280
Agostini, F.	223	Dias, U.	171
Albuquerque, M.	257	dos Reis, V.	191
Albuquerque, R.	46, 171, 248, 340	dos Santos Junior, G.	280
Almeida, M.	290	dos Santos, D.	79
Alturas, B.	3	dos Santos, L.	79
Amaral, D.	248	dos Santos, V.	300
Amvame-Nze, G.	233, 248, 321, 329, 340	dos Santos. I.	275
Andrade, A.	171	e Martins, L.	147, 155, 163
Aransay, J.	253	Emygdio, J.	290
Araújo, L.	133	Estrela, P.	248
Arôxa, D.	317	Eusébio, C.	71
Azevedo, B.	46, 340	Fabero, J.	345
Azevedo, D.	116	Faiad, S.	317
Barbosa, H.	11	Félix, L.	340
Barbosa, N.	87, 233	Fernandes, J.	243
Benítez-Guerrero, E.	295, 305, 325	Fernandes, M.	87
Bonacin, R.	27	Fernández, F.	345
Bonifacio, B.	11	Fernández, N.	101
Bruce, R.	265	Fleury, F.	140
Calle-Cancho, J.	269	Fornerón, J.	223
Canedo, E.	87	Furtado, A.	79
Carmona-Murillo, J.	269	Galilea, V.	253
Carvalho, L.	257	Garcia, A.	140
Castro, S.	19	Giazzi, G.	275
Córdoba-Tlaxcalteco, M.	295	Giozza, W.	46, 248, 321
Cortés-Polo, D.	269	Gomes, C.	280
da Costa, K.	179	Gonçalves, D.	238
da Costa, P.	147, 155	Gonçalves, J.	238
da Cunha, D.	155, 163	Gonçalves, R.	55
da Frota, F.	87	Gondim, J.	243
da Silva Filho, D.	46	González-Sánchez, J.-L.	269
da Silva, D.	79, 87, 163, 233, 329	Guerra, J.	133
das Neves, M.	179	Guilhen, B.	215
de Caldas Filho, F.	147, 155, 163, 171, 191, 265	Herculano, L.	79
de Carvalho Sobrinho, M.	79	Hernández, I.	253
de Holanda, M.	265	Hoed, R.	207
de Mendonça, F.	46, 155, 265, 329	Honda, H.	140
de Mendonça, R.	27	Ikezume, K.	109
de Mendonça, W.	87	Jesus, M.	317
de Menezes, J.	155	Kofuji, S.	215
de Muylder, C.	133	La Red, D.	223
de Oliveira, P.	171	Levita, T.	238
de Oliveira, R.	94	Lima, A.	329
de Sousa Júnior, R.	46, 147, 163, 171, 191, 265, 321, 340	Lima, B.	94
de Sousa, V.	317	Lima, R.	280
del Real, A.	101	Lochter, J.	109, 257
		Loose, L.	300

Loose, M.	300	Uebel, L.	11
Lopes, R.	280	Veiga, C.	317, 329
López, C.	261	Vergara, G.	233
Lucas, T.	179	Viana, J.	133
Lustosa, J.	191	Zavaleta-Sánchez, M.	305
Machado, J.	3	Zigunow, L.	321
Marinho, G.	337		
Marques, I.	94		
Martarelli, N.	199		
Mascarenhas, P.	147		
Mecha, H.	345		
Medeiros, M.	329		
Mendonça, F.	329		
Mendrot Filho, A.	309		
Menezes, T.	11		
Miao, Q.	238		
Montenegro, S.	101		
Morais, A.	63		
Morais, P.	116		
Nagano, M.	199		
Natale, L.	275, 337		
Nery, A.	248		
Neto, A.	11		
Nogueira, R.	109, 257		
Nunes, S.	55		
Omar, N.	94		
Paños, A.	261		
Pessoa Filho, J.	337		
Pimentel, J.	265		
Pires, F.	11		
Praciano, B.	163, 191		
Praciano, F.	233		
Prado, A.	37		
Racy, C.	179		
Reinhold, O.	133		
Ribeiro, C.	147		
Robles, M.	285		
Romani, M.	340		
Rosa, F.	27		
Rosales-Morales, V.	325		
Sampaio, A.	125		
Saraiva, P.	207		
Scaravelli, L.	109		
Serafim, E.	63		
Silva, A.	207		
Silva, G.	140, 191		
Silva-Vásquez, P.	325		
Soares, U.	317		
Stringhini, D.	309		
Tabosa, F.	233		
Tavares, M.	140		
Teixeira, L.	19, 71		
Teixeira, P.	71		