

01101010110101  
010101010101

Atas das  
Conferências Ibero-Americanas  
**COMPUTAÇÃO APLICADA**

e  
**www/Internet**

Madeira, Portugal, 22-23 Outubro **2023**

Editado por:  
**Paula Miranda**  
**Flávia Maria Santoro**  
**Cristiano Costa**



**iadis**

international association for development of the information society

**CONFERÊNCIAS IBERO-AMERICANAS**

**COMPUTAÇÃO  
APLICADA 2023**

**e**

**WWW/INTERNET 2023**



**ATAS DAS CONFERÊNCIAS IBERO-AMERICANAS**

**COMPUTAÇÃO  
APLICADA 2023**

**e**

**WWW/INTERNET 2023**

**22 – 23 OUTUBRO, 2023**

Organizada por



international association for development of the information society

Copyright 2023

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](mailto: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, Flávia Maria Santoro e Cristiano Costa

Editor Associado: Luís Rodrigues

ISBN: 978-989-8704-54-2

# ÍNDICE

PREFÁCIO	ix
COMITÉ DO PROGRAMA	xi
PALESTRA CONVIDADA	xv

## ARTIGOS LONGOS

ALGORITMO HÍBRIDO GRASP E SIMULATED ANNEALING PARA O PROBLEMA DE ESCALONAMENTO DE PROJETOS COM RESTRIÇÃO DE RECURSOS <i>Matheus da Silva Rocha e Edmar Hell Kampke</i>	3
ANÁLISE E VISUALIZAÇÃO DE METADADOS POR MEIO DE GRAFOS: UMA ABORDAGEM PARA A ORGANIZAÇÃO E DESCOBERTA DE INFORMAÇÃO <i>Flávio Garcia Praciano, Guilherme Batista Meneses Alves, Robson de Oliveira Albuquerque, Rodrigo Otávio Povoá Pullen Parente, Thiago Oliveira Hoerlle e Alex Aranda</i>	11
UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINA PARA OTIMIZAÇÃO DE APLICATIVOS DE SEGURANÇA EM REDES IOT <i>Bruno Scholles Soares Dias, Matheus Virgílio da Silva Ferreira, Francisco Lopes de Caldas Filho, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça, Edna Dias Canedo, Robson de Oliveira Albuquerque e Rafael Timóteo de Sousa Júnior</i>	19
MODELO PARA UTILIZAÇÃO DE FINGERPRINTS DE SISTEMAS OPERACIONAIS (SO) PARA IDENTIFICAR E RESPONDER A CONEXÕES NÃO AUTORIZADAS DE DISPOSITIVOS IOT NA AUSÊNCIA DE CONTROLE DE ADMISSÃO À REDE (NAC) <i>Atila Batista Bandeira, Clóvis Neumann, Daniel Alves da Silva, Georges Daniel Amvame Nze, André Luiz Marques Serrano e Fábio Lúcio Lopes de Mendonça</i>	27
PREVENÇÃO DE FALSIFICAÇÃO EM SISTEMAS DE RECONHECIMENTO FACIAL: UMA PROPOSTA BASEADA EM CLUSTERIZAÇÃO <i>Caio César Rodrigues Garcez, Gilmar dos Santos Marques, Edna Dias Canedo, Bruno Garcia Praciano, Francisco Lopes de Caldas Filho e Fábio Lúcio Lopes de Mendonça</i>	35
ANÁLISE COMPARATIVA VIA CLASSIFICAÇÃO DE TEXTOS GERADOS PELO CHATGPT VERSUS TEXTOS ESCRITOS MANUALMENTE <i>Dário Pereira dos Santos, Georges Daniel Amvame Nze, Antônio Marcio Lopes Bezerra, Marcio Bastos Medeiros, Paulo Henrique dos Santos e Daniel Alves da Silva</i>	43

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE ENSEMBLE LEARNING PARA DETECÇÃO DE SITES FRAUDULENTOS	51
<i>Felipe Sarmiento dos Santos, Kelton Augusto Pontara da Costa, Thiago José Lucas, Geraldo Cesar Cantelli e João Pedro Vieira Rodrigues</i>	
DO OPEN DESIGN À IHC ABERTA: EXPLORANDO SINERGIAS POR MEIO DE UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	58
<i>Fabício Matheus Gonçalves, Alysson Prado e M. Cecília C. Baranauskas</i>	
PROPOSTA DE ARQUITETURA DE UM SISTEMA INTELIGENTE PARA GESTÃO E QUALIDADE DOS GASTOS NO SETOR PÚBLICO FEDERAL BRASILEIRO	69
<i>Kelly Santos de Oliveira Bezerra, Antônio Marcio Lopes Bezerra, Abimael de Jesus B. Costa, Jeremias Pereira da Silva Arraes, Lucas Teles de Alcantara e Fábio Lúcio Lopes de Mendonça</i>	
PLATAFORMA WEB PARA DISPONIBILIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO SOBRE PONTOS DE INTERESSE PARA TURISMO INCLUSIVO	77
<i>Aruna Camará, Fernando Reinaldo Ribeiro e José Carlos Metrólho</i>	
ESTUDO COMPARATIVO DE TOKENS DE AUTORIZAÇÃO EM APIS REST	85
<i>André Luiz Lourenço de Andrade, Robson Oliveira de Albuquerque, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça, Daniel Alves da Silva, Carlos Eduardo Lacerda Veiga e Rafael Timóteo de Sousa Júnior</i>	
IMPLEMENTAÇÃO DE REGRAS DE NEGÓCIO NA NOTAÇÃO DMN USANDO MICROSSERVIÇOS	93
<i>Mariana Ferreira Lavoura, Hilda Carvalho de Oliveira e Dhoi Almeida Cruz</i>	
UTILIZAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA VERIFICAR NOTÍCIAS FALSAS COM A UTILIZAÇÃO DO CHATGPT	103
<i>Verônica Souza dos Santos, André Luiz Marques Serrano, Maria Karolina Beckman, Bruno Garcia Pracianno, Geraldo Pereira Rocha Filho e Edna Dias Canedo</i>	
ANALISANDO UX COM DESIGN PARTICIPATIVO EM JOGO PARA CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA: VIDAUT	111
<i>Daniela Gibertoni</i>	
APLICATIVO PARA AVALIAÇÃO DE CONDUÇÃO SEGURA DE USUÁRIOS DE VEÍCULOS AUTOMOTORES POR MEIO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA BENEFÍCIOS EM SEGUROS VEICULARES	119
<i>Edilson de Oliveira Caldas, Diego Martins de Oliveira, Gilmar dos Santos Marques, Flávio Elias Gomes de Deus, Rafael Timóteo de Sousa Júnior e Fábio Lúcio Lopes de Mendonça</i>	

## **ARTIGOS CURTOS**

ARQUITETURA PROPOSTA PARA INTEGRAÇÃO DE MIDDLEWARES IOT UTILIZANDO BLOCKCHAIN	131
<i>Heitor Magalhães Vieira, Leonardo de Oliveira Almeida, Francisco Lopes de Caldas Filho, Elon de Oliveira Albuquerque, Edna Dias Canedo e Georges Daniel Amvame Nze</i>	

DOMOGALLERY: EXPLORACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA CREACIÓN DE WEB 3D	136
<i>Fabian Stiven Valencia Cordoba, Paola Johanna Rodriguez Carrillo y Javier Mauricio Reyes Vera</i>	
PROVISIONAMENTO DE SERVIDORES BAREMETAL UTILIZANDO A INFRAESTRUTURA COMO CÓDIGO	141
<i>Ajay Ramchandani, Lucas Oliveira Borges, Wellington Cabral de Oliveira, Thiago Medeiros de Menezes, Erick Costa Bezerra e Phillip de Menezes Furtado</i>	
CONVERSANDO COM O FUTURO: ESTUDO DE CASO DA INTEGRAÇÃO DE MICRO SERVIÇOS DE MENSAGENS BASEADO EM REDES NEURAS	147
<i>Leonardo Ervin Alves Novak, Vinícius Marques da Silva Ferreira, Alfredo Nazareno Pereira Boente e Kilmer Pereira Boente</i>	
UTILIZAÇÃO DE MACHINE LEARNING PARA DETECÇÃO DA VARIANTE ARGENTINA DO ESPANHOL	151
<i>Ibsen Roger Gomes Rego, Clarissa Castellã Xavier e Silas Yunghwa Liu</i>	
DESAFIOS E POTENCIALIDADES NA CAPACITAÇÃO CORPORATIVA COM O USO DE E-LEARNING	155
<i>Danielle A. de Oliveira Tabosa, Ludmila Bravim, Nayara Gomes, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça, Carlos Eduardo Lacerda Veiga e Daniel Alves da Silva</i>	

## ARTIGOS DE REFLEXÃO

EM BUSCA DE UM PROCESSO AUTOMATIZADO PARA LEVANTAMENTO DE LITERATURA APOIADO POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA	163
<i>Júlia Condé Araújo, Marina Condé Araújo e Marco Antônio Pereira Araújo</i>	
HBIM: UMA SOLUÇÃO COMPUTACIONAL PARA O PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO	167
<i>Silvana da Rocha Rodrigues e Patrícia Nunes da Silva</i>	
DETECCIÓN DE CÚMULOS ESTELARES EN GALAXIAS CERCANAS UTILIZANDO TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING Y ALGORITMOS DE APLICACIÓN EN REDES SOCIALES	171
<i>Martin Casatti, Marcelo Marciszack y Carlos Feinstein</i>	

## ÍNDICE DE AUTORES





# PREFÁCIO

Estas atas contêm os artigos da 10ª Conferência Ibero-Americana Computação Aplicada 2023 e 20ª Conferência Ibero-Americana WWW/Internet 2023, organizadas pela *International Association for Development of the Information Society*, de 22 a 23 de outubro 2023 no Funchal, Madeira, Portugal.

A 10ª Conferência Ibero-Americana Computação Aplicada 2023 (CIACA 2023) 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.

A 20ª Conferência Ibero-Americana WWW/Internet 2023 (CIAWI 2023) 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

Estas conferências receberam 88 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 15 artigos longos (correspondentes a uma taxa de aceitação de 17%), sendo publicados também artigos curtos e artigos de reflexão.

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, Nuno Miguel, Managing Partner of RightCO & Founder of OC2P, Portugal 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 tenham gostado das apresentações e convidamos todos os participantes para as edições do próximo ano das conferências Ibero-Americanas Computação Aplicada 2024 e WWW/Internet 2024.

Paula Miranda, Instituto Politécnico de Setúbal, Portugal

Flávia Maria Santoro, Inteli – Instituto de Tecnologia e Liderança, Brasil

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

*Co-Chairs*

22 de outubro de 2023

# COMITÉ DO PROGRAMA

## CONFERÊNCIA IBERO-AMERICANA COMPUTAÇÃO APLICADA

### CHAIR

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

### PROGRAM CHAIR

Paula Miranda, Instituto Politécnico de Setúbal, Portugal

### MEMBROS DO COMITÉ

Ana Claudia Barbosa, Universidade do Extremo Sul  
Ana Paula Ludtke Ferreira, UNIPAMPA, Brasil  
Andrea Teresa Riccio Barbosa, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil  
Antonio Marti Campoy, Universitat Politècnica de València, Espanha  
Carla Osthoff, Laboratório Nacional de Computação Científica, Brasil  
Carlos Holbig, Universidade de Passo Fundo, Brasil  
Carlos Roberto Valêncio, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita F, Brasil  
Carlos Montez, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil  
César Arturo Guerra García, Universidad Autónoma de San Luis Potosi, Mexico  
Cristian Garcia Bauza, UNCPBA-PLADEMA-CONICET, Argentina  
Dolores Rexachs, Universitat Autònoma de Barcelona, Espanha  
Edward David Moreno, UFS - Universidade Federal de Sergipe, Brasil  
Elisangela Silva Da Cunha Rodrigues, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,  
Brasil  
Fabio Iaione, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil  
Fernando Osorio, Universidade de São Paulo - ICMC, Brasil  
Geraldo Francisco Donega Zafalon, São Paulo State University (UNESP/SJRP), Brasil  
Giovanni Cordeiro Barroso, Universidade Federal do Ceará, Brasil  
Gustavo Pessin, Instituto Tecnológico Vale, Brasil  
Jose Antonio Mateo, Universidad Castilla-la-Mancha, Espanha  
Jose Luis Vazquez-Poletti, Universidad Complutense de Madrid, Espanha  
Juan Pablo D Amato, Univ. Nacional del Centro de la Provincia de Bueno, Argentina  
Juan Vicente Capella Hernandez, Universitat Politècnica de València, Espanha  
Julian Grigera, Universidad Nacional de la Plata, Argentina  
Kary Ocaña, Laboratório Nacional de Computação Científica, Brasil  
Kelton Augusto Pontara da Costa, UNESP - Campus Bauru, Brasil  
Kleinner Farias, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil  
Leandro Antonelli, Lifa - Universidad Nacional de La Plata, Argentina  
Leandro Neves, São Paulo State University (UNESP), Brasil  
Lisandra Manzoni Fontoura, UFSM, Brasil

Luciano Gonda, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil  
Marco Antonio Sandini Trentin, Universidade de Passo Fundo, Brasil  
Marco Aurélio Spohn, UFFS, Brasil  
Margrit Krug, UNISINOS, Brasil  
María Florencia Pollo Cattaneo, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina  
Marisa Daniela Panizzi, Universidad Nacional de Hurlingham, Argentina  
Mark Alan Junho Song, Pontificia Universidade Católica de Minas Gerais, Brasil  
Merisandra Côrtes de Mattos, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Brasil  
Pablo Rabanal, Universidad Complutense de Madrid, España  
Paulo Eduardo Ambrosio, Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil  
Rafael Mayo-Garcia, CIEMAT, España  
Rafael Sachetto, Universidade Federal de São João De Rei, Brasil  
Raimundo Correa De Oliveira, UEA, Brasil  
Remo Suppi, Universidad Autónoma de Barcelona, España  
Rodrigo Da Rosa Righi, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil  
Rogéria C. G. Souza, UNESP/SJRP, Brasil  
Rogerio Antonio Casagrande, UNESCO - Universidade do Extremo Sul Catarinense,  
Brasil  
Valeria Quadros, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil  
Vicente González A., Universidad Católica, Paraguay

## **CONFERÊNCIA IBERO-AMERICANA WWW/INTERNET**

### **CO-CHAIRS**

Flávia Maria Santoro, Inteli – Instituto de Tecnologia e Liderança, Brasil, Brasil  
Cristiano Costa, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

### **PROGRAM CHAIR**

Paula Miranda, Instituto Politécnico de Setúbal, Portugal

### **MEMBROS DO COMITÉ**

Alejandro Gonzalez, National University of La Plata, Argentina  
Alejandro Zunino, Tandil University, Argentina  
Alexandre Sena, Uerj, Brasil  
Álvaro Suárez Sarmiento, Las Palmas de Gran Canaria University, España  
Ana Guimarães, Isla Gaia, Portugal  
Antonio Munoz Canavate, Universidad de Extremadura, España  
Antonio Lencastre Godinho, ISLA-IPGT, Portugal  
Armando Mendes, Universidade dos Açores, Portugal  
Bráulio Alturas, Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), Portugal  
Carlos Serrão, ISCTE-IUL, Portugal  
Cesar Collazos, University of Cauca, Colombia  
Cesar Guerra, Universidad Politécnica de San Luis Potosí, Mexico

Claudia Marcos, UNICEN University, Argentina  
 Claudia Motta, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil  
 Claudio Luis Frankenberg, PUCRS, Brasil  
 David Melendi Palacio, Universidad de Oviedo, España  
 Debora Barbosa, Universidade Feevale, Brasil  
 Denis S. Silveira, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil  
 Dolores M<sup>a</sup> Lido Escriva, Universitat Jaume I, España  
 Dominique Decouchant, Universidad Autonoma Metropolitana, Mexico  
 Emanuel Peres, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal  
 Emilio Insfran, Universitat Politècnica de València, España  
 Eva Lorenzo Iglesias, Universidad de Vigo, España  
 Fábio Ferrentini Sampaio, Instituto Politécnico de Setúbal, Portugal  
 Fátima Armas, Universidade de Coimbra, Portugal  
 Federico Botella, Miguel Hernandez University of Elche, España  
 Fernanda Campos, UFJF, Brasil  
 Fernando Ribeiro, Instituto Politécnico 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  
 Heitor Costa, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
 Henrique Teixeira Gil, Age.Comm-Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal  
 Hilda Carvalho de Oliveira, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Brasil  
 Javier Soriano, Universidad Politécnica de Madrid, España  
 João Paulo Ribeiro Pereira, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal  
 Joaquim Sousa Pinto, Universidade de Aveiro, Portugal  
 Jorge Barbosa, UNISINOS, Brasil  
 Jose Carlos M M Metrolho, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal  
 José Manuel Gonçalves, Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior, Portugal  
 Juan Carlos Guerri, Universidad Politécnica de Valencia, España  
 Juan M. Vara, Universidad Rey Juan Carlos, España  
 Júlio da Silva Dias, ESAG/UDESC, Brasil  
 Juncal Gutiérrez-Artacho, Department of Translation and Interpreting- Universidad  
 de Granada, España  
 Leonor Teixeira, Universidade de Aveiro, Portugal  
 Lidia Oliveira Silva, Universidade de Aveiro, Portugal  
 Luis Martinez, Universidad de Jaen, España  
 Luisa Domingues, ISTAR-IUL, Portugal  
 Marcelo Lobosco, UFJF, Brasil  
 Marcos A. F. Borges, UNICAMP, Brasil  
 Marcus Guelpeli, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil  
 Maria Ángeles Moraga, Universidad de Castilla-la Mancha, España  
 Maria Luque Rodriguez, Universidad de Cordoba, España  
 Miguel Jimenez, Universidad Politécnica de Madrid, España  
 Monica Costa, Instituto Politecnico de Castelo Branco, Portugal  
 Nathalie Moreno, Universidad de Málaga, España  
 Nuno Fortes, Instituto Politécnico de Coimbra, ESTGOH, Portugal  
 P. Pablo Garrido Abenza, Universidad Miguel Hernandez, España  
 Pablo Muñoz Martínez, Universidad de Alcalá, España  
 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  
Raul Antonio Aguilar Vera, Universidad Autónoma de Yucatan, Mexico  
Regina Lúcia De Oliveira Moraes, UNICAMP, Brasil  
Regina Heidrich, Centro Universitário Feevale, Brasil  
Salvador Alcaraz, Universidad Miguel Hernandez, España  
Silvia Beatriz Gonzalez Brambila, Universidad Autónoma Metropolitana, México  
Virginia Yannibelli, Isistan Research Institute (UNCPBA - CONICET), Argentina  
Vitor Gonçalves, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal  
Zita Sampaio, Instituto Superior Técnico, Portugal

# **PALESTRA CONVIDADA**

## **OC2P - A PLATAFORMA DE GESTÃO DE MOBILIDADE ELÉTRICA NUMA SOCIEDADE 5.0**

**Nuno Miguel,  
Managing Partner of RightCO & Founder of OC2P,  
Portugal**

### **RESUMO**

O OC2P é uma plataforma de gestão holística no universo da mobilidade elétrica tanto no contexto B2C como no contexto B2B, permitindo aos seus utilizadores a gestão operacional dos CVEs como também o acompanhamento em real-time da sua pegada carbónica no decurso dos seus movimentos pendulares.





# **Artigos Longos**



# ALGORITMO HÍBRIDO GRASP E SIMULATED ANNEALING PARA O PROBLEMA DE ESCALONAMENTO DE PROJETOS COM RESTRIÇÃO DE RECURSOS

Matheus da Silva Rocha e Edmar Hell Kampke  
*Universidade Federal do Espírito Santo*  
Alto Universitário, s/n, Campus Universitário, Alegre – ES, Brasil

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma solução baseada no algoritmo híbrido GRASP com *Simulated Annealing* para resolver o Problema de Escalonamento de Projetos com Restrição de Recursos (*Resource Constrained Project Scheduling Problem* - RCPSP). O método proposto utiliza o GRASP que iterativamente constrói uma solução e envia para o *Simulated Annealing* responsável por realizar a busca local. Os testes foram executados em algumas instâncias da biblioteca PSBLIB (KOLISCH e SPRECHER, 1997) e os resultados computacionais validam a capacidade do método proposto em fornecer soluções viáveis para o RCPSP e com baixo tempo computacional. Além disso, os resultados se mostraram promissores, uma vez que a diferença percentual com os melhores valores conhecidos na literatura foi, em média, de apenas 4,16%.

## PALAVRAS-CHAVES

Escalonamento de Projetos, Restrição de Recursos, GRASP e *Simulated Annealing*

## 1. INTRODUÇÃO

Mudanças macroeconômicas tornaram a gestão de projetos cada vez mais necessária para o aumento da produtividade das empresas, visto que o mercado aspira por eficiência e agilidade. Por consequência, o campo da pesquisa de otimização visa reduzir tempo e gastos na produção, mantendo a qualidade do produto final. Além disso, por meio de uma melhor gestão, não há apenas benefícios econômicos, mas também ambientais, já que se gerenciado de forma eficaz, espera-se que o uso dos recursos diminuam (MELO, 2018).

Segundo Almeida et al. (2016), para que se obtenha a otimização dos projetos é imprescindível a criação de um cronograma visando respeitar as restrições e possíveis regras de precedência das tarefas, a fim de aumentar o desempenho preestabelecido na gestão de projetos. Além disso, o conjunto de métodos científicos da área de pesquisa operacional pode auxiliar na tomada de decisões e na solução do problema para elaboração do cronograma de execução de tarefas em máquinas de uma indústria de forma otimizada.

O problema supracitado é NP-Completo (HABIBI et al., 2018). Isso significa que embora nunca tenha sido provado a não existência de um algoritmo eficiente, o mesmo ainda não foi encontrado. Nesse caso, é comum usar heurísticas e métodos de aproximação, cujo objetivo é encontrar uma solução aproximada com baixo tempo de processamento.

O Problema de Escalonamento de Projetos com Restrição de Recursos (*Resource Constrained Project Scheduling Problem* - RCPSP) é constituído por um conjunto de tarefas a serem processadas com um número limitado de recursos. As tarefas competem pela utilização dos recursos, que podem ser distintos, tais como mão de obra, capital, ferramentas e outros.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Habibi et al. (2018) desenvolveram uma importante obra para o RCPSP, a qual teve como foco realizar um *review* dos desenvolvimentos para RCPSP. Este é um importante instrumento guiador das pesquisas do problema. Foram mapeados mais de 200 artigos, desde o ano de 1980, possibilitando a classificação e mensuração de diferentes tipos de RCPSP em diversas categorias e subcategorias, conforme apresentado na Figura 1.

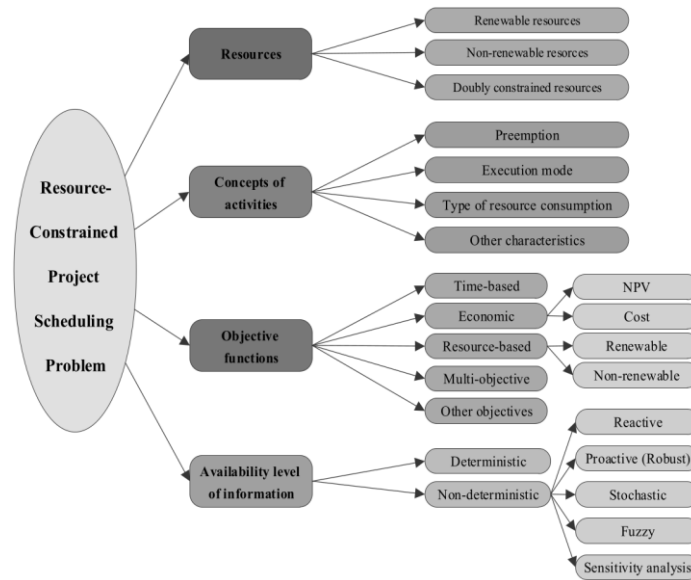


Figura 1. Classificação dos Problemas de Escalonamento de Projetos  
Fonte: (HABIBI et al., 2018)

Há por outro lado trabalhos mais recentes como o de Goncharov (2022), em que é proposto um algoritmo de busca local, que encontra melhores resultados para algumas instâncias contidas na biblioteca PSBLIB (KOLISCH e SPRECHER, 1997). Posteriormente, tem-se que Goncharov (2023) apresenta uma implementação do algoritmo genético para o RCPSP, que de maneira gulosa prioriza o grau de criticidade dos recursos. Esse último trabalho de Goncharov (2023) também atinge bons resultados frente aos apresentados na literatura.

De acordo com Liu et al. (2023), diversos tipos de métodos foram usados para resolver o RCPSP, entre eles as meta-heurísticas híbridas. Nesse grupo, o trabalho de Elsayed et al. (2017) se destaca por apresentar um *framework* com diversos operadores para algoritmos genéticos e algoritmos de evolução diferencial. O método proposto por Elsayed et al. (2017) apresenta uma das melhores performances para o RCPSP na literatura.

## 3. FUNÇÃO OBJETIVO DO RCPSP

A Função Objetivo (FO) do RCPSP consiste em minimizar o *makespan*, que representa o tempo de conclusão da execução (processamento) de todas as tarefas. Dessa forma, considerando a solução  $S$  para o RCPSP, a função  $f$ , exibida abaixo, define o valor da FO para  $S$ .

$$f(S) = \sum_{i \in N} \sum_{p \in P} x_{ip} (p + d_i)$$

Observe que neste caso  $N$  representa um conjunto contendo todas as tarefas. Já o valor  $d_i$  representa o tempo de processamento de cada tarefa  $i$  em  $N$ . O valor  $p$  refere-se aos possíveis tempo de início da tarefa a ser processada, que é pertencente ao conjunto  $P$ . Dado o fato do tempo ser unitário e inteiro, para a tarefa  $i$ , o valor de  $p$  pertence ao intervalo  $[0, \Omega - d_i]$ , sendo  $\Omega$  a soma do tempo de processamento de todas as tarefas em  $N$ . Por fim,  $x_{ip}$  é binária e indica com o valor 1 se a tarefa  $i$  começa seu processamento no tempo  $p$ , e valor 0 caso contrário.

O modelo matemático para o RCPSP, juntamente com a FO, possui um conjunto de restrições que asseguram que cada tarefa deve ser iniciada em apenas um momento específico, levando em consideração que algumas tarefas podem iniciar no mesmo instante. Outro conjunto de restrições garantem que o consumo de recursos das tarefas iniciadas em um determinado momento estejam dentro da disponibilidade de cada recurso. Por fim, um conjunto de restrições asseguram que as relações de precedência entre as tarefas sejam cumpridas, ou seja, uma tarefa só pode começar após o término de todas as suas atividades predecessoras.

#### 4. ALGORITMO HÍBRIDO GRASP + SA

Neste trabalho foi proposto e implementado um algoritmo híbrido entre a meta-heurística *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure* (GRASP) e a meta-heurística *Simulated Annealing* (SA). Neste caso, a meta-heurística SA é usada como etapa de busca local do GRASP.

A meta-heurística GRASP foi proposta por Feo e Resende (1995), e já se provou no tempo, sendo frequentemente usada em diversos problemas de otimização combinatória. Na Figura 2 é mostrado o pseudocódigo genérico da meta-heurística GRASP.

```

GRASP ( $\alpha$ )
1   $f_{min} \leftarrow +\infty$ 
2  enquanto não CritérioParada faça
3     $S_1 \leftarrow$  Construção_Solução ( $\alpha$ );
4     $S_2 \leftarrow$  Busca_Local_SA ( $S_1$ );
5    se  $f(S_2) < f_{min}$  então
6       $S \leftarrow S_2$ ;
7       $f_{min} \leftarrow f(S_2)$ ;
8    fim-se
9  fim-enquanto;
10 retorne  $S$ ;
fim;
    
```

Figura 2. Pseudocódigo genérico da meta-heurística GRASP

Olhando mais minuciosamente o pseudocódigo da Figura 2, o algoritmo enquanto não atingir o critério de parada definido, repetidamente constrói uma solução  $S_1$  (linha 3) e esta solução é melhorada por um procedimento de busca local (linha 4). A melhor solução encontrada até o momento é sempre armazenada (linhas 5 a 7). Por fim, é importante destacar no pseudocódigo da Figura 2, que a meta-heurística GRASP possui apenas um parâmetro: o fator de aleatoriedade ( $\alpha$ ), que por sua vez é usado na etapa de construção de uma solução (linha 4).

##### 4.1 Construção de uma Solução para o RCPSP

A meta-heurística GRASP é um método heurístico que faz uso de boas características dos algoritmos ditos puramente gulosos e dos procedimentos aleatórios na fase de construção de soluções. O parâmetro  $\alpha$  faz a mediação entre essas características e é visto como o componente probabilístico do GRASP, ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ), de tal forma que para valores pequenos de  $\alpha$ , as soluções construídas são mais gulosas, enquanto que para valores maiores de  $\alpha$ , as soluções são obtidas de forma mais aleatória.

Neste trabalho, para a construção de uma solução inicial, foi desenvolvido um método que iterativamente adiciona uma tarefa à solução  $S_1$ , que inicialmente está vazia. Após a inserção de todas as tarefas, o método de construção finaliza retornando  $S_1$ . O primeiro passo do método é criar uma lista  $L$  com todas as tarefas. A partir disso, em cada iteração do método, a lista  $L$  é ordenada de forma não decrescente pelo valor  $\lambda_i$  de cada tarefa  $i \in L$ .

O valor de  $\lambda_i$  representa o instante de tempo mínimo de início do processamento da tarefa  $i$ , considerando as suas tarefas predecessoras. Em outras palavras,  $\lambda_i$  será determinado de acordo com o valor do maior instante de término do processamento das tarefas predecessoras de  $i$ . Como exemplo, considere que a tarefa 3 possui como predecessoras as tarefas 1 e 2. Considerando ainda que as tarefas 1 e 2 já foram inseridas em  $S_1$ , e que os processamentos dessas tarefas se encerram, respectivamente, nos instantes 17 e 22, então o valor de  $\lambda_3$  será 22.

Caso alguma tarefa predecessora de  $i$  não esteja inserida em  $S_1$ , então o valor de  $\lambda_i$  será penalizado com um valor alto ( $\Psi$ ) acrescido do tempo de processamento da tarefa  $i$  ( $d_i$ ). Mais uma vez, para exemplificar essa situação, considere agora que a tarefa 3 possui as mesmas tarefas predecessoras 1 e 2 do exemplo anterior. No entanto, suponha que a tarefa 1 já foi inserida em  $S_1$  e que a tarefa 2 ainda não foi inserida em  $S_1$ . Nesse caso o valor de  $\lambda_3$  será  $\Psi + d_3$ .

Em cada iteração do método, após o cálculo de  $\lambda_i$  e da ordenação de  $L$ , é escolhida aleatoriamente uma tarefa  $t$  dentre as  $\alpha \times |L|$  tarefas iniciais de  $L$ . Nesse momento  $t$  é removida de  $L$  e inserida na solução  $S_1$ , sendo que o instante de início do processamento da tarefa  $t$  será  $\lambda_t$ , caso as tarefas predecessoras de  $t$  já estejam inseridas em  $S_1$ , e caso contrário, será o maior instante de tempo de término das tarefas já inseridas em  $S_1$  até aquele momento. Como dito anteriormente, após a inserção de todas as tarefas em  $S_1$  ( $L = \emptyset$ ), o método termina e a solução  $S_1$  construída é retornada.

## 4.2 Busca Local (*Simulated Annealing*)

A meta-heurística *Simulated Annealing* (SA) foi inicialmente apresentada por Kirkpatrick et al. (1983) e teve como inspiração o processo da metalurgia conhecido como recozimento. Nesse processo, um metal é derretido e depois resfriado lentamente até a solidificação. Em outras palavras, o metal é resfriado de forma controlada, para que sua estrutura se mantenha organizada e equilibrada.

Os cinco principais parâmetros que o algoritmo SA possui são: a solução inicial ( $S_1$ ), a temperatura inicial ( $T_i$ ), a temperatura final ( $T_f$ ), a taxa de resfriamento ( $\beta$ ) e o número de soluções vizinhas ( $N_v$ ) que deverão ser geradas a cada iteração.

O algoritmo começa com uma temperatura inicial e vai sendo resfriada até chegar na temperatura final. Em cada temperatura (iteração), começando com a temperatura inicial  $T_i$ , são geradas  $N_v$  soluções vizinhas. Se a solução vizinha gerada tem valor de  $f$  menor que a da solução atual, esta é atualizada. Se o vizinho tiver valor de  $f$  maior, ele pode ser aceito com uma probabilidade  $e^{-\Delta f/T}$ , em que  $\Delta f$  é a diferença entre os valores de  $f$  da solução vizinha e da solução atual, e  $T$  é a temperatura atual. Quanto maior  $\Delta f$ , e menor a temperatura atual  $T$ , menor será a chance de aceitar uma solução vizinha. Tipicamente, o algoritmo aceita grande diversificação de soluções no início, quando a temperatura está alta. À medida que a temperatura decresce, poucas soluções piores são aceitas e assim é intensificada a busca em uma determinada vizinhança. Ao final de cada iteração, a temperatura  $T$  é multiplicada pelo valor  $\beta$ , sendo  $\beta \in [0,1]$  a taxa de resfriamento. O algoritmo termina quando  $T < T_f$ .

Como descrito acima, o algoritmo SA recebe como entrada uma solução inicial ( $S_1$ ). Neste trabalho a solução  $S_1$  é construída na primeira etapa da meta-heurística GRASP apresentada na Subseção 4.1.

### 4.2.1 Geração de Soluções Vizinhas

A geração de vizinhos é uma parte fundamental do algoritmo SA. Nesta subseção é apresentada a implementação do método que gera uma solução vizinha ( $S_v$ ) a partir da solução  $S_a$ . Portanto, para gerar uma solução vizinha, inicialmente se recebe uma lista de tarefas  $LS$ . A lista  $LS$  é então ordenada pelo tempo de início de processamento das tarefas em  $S_a$ . Em seguida, uma tarefa  $\rho$  é escolhida aleatoriamente entre as tarefas de  $LS$ .

Após selecionar a tarefa  $\rho$ , é definido o intervalo (*range*) no qual a tarefa pode ser movida para a direita dentro de  $LS$ . Em outras palavras, esse intervalo define os possíveis locais de troca para a tarefa  $\rho$ . Para a definição do intervalo, é realizada uma busca a partir de  $\rho$ , com intuito de encontrar  $\varphi$ , a última tarefa não sucessora de  $\rho$ . Em seguida, um local de troca é escolhido aleatoriamente no intervalo definido entre a tarefa  $\rho$  e a tarefa  $\varphi$  na lista  $LS$ . Isso significa que uma tarefa  $\mu$  em  $LS$  será substituída pela tarefa  $\rho$  nesse local de troca escolhido.

Para realizar essa substituição, inicialmente a tarefa  $\rho$  é removida de  $LS$ , em seguida é feito um movimento de *shift* em  $LS$  da posição ocupada anteriormente pela tarefa  $\rho$  até o local de troca (posição ocupada pela tarefa  $\mu$ ). Então, a tarefa  $\rho$  é inserida na posição em que a tarefa  $\mu$  estava antes do movimento de *shift*.

Por fim, após a realização do movimento descrito acima, a lista  $LS$  é submetida a um método de atualização dos tempos de início de processamento das tarefas, levando em consideração agora a restrição de recursos, uma vez que a restrição de precedência é observada durante o movimento. O método de atualização dos tempos de processamento retorna a solução  $S_v$ .

Essa abordagem de geração de vizinhos permite explorar diferentes soluções na busca por melhores configurações. Cada vizinho gerado representa uma solução potencialmente melhor ou pior em relação à  $S_a$ .

## 5. EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS

Para validar a qualidade das soluções obtidas pelo método proposto, experimentos computacionais foram realizados. Nas subseções seguintes são detalhados alguns aspectos importantes desta etapa, como as instâncias utilizadas, a definição dos parâmetros do GRASP+SA, além de detalhes de implementação e do ambiente computacional onde foram realizados os testes.

### 5.1 Instâncias e Escolha dos Parâmetros

As instâncias utilizadas para realização dos experimentos computacionais são muito conhecidas na literatura, pois são utilizadas em diversos trabalhos, como Kadam e Kadam (2014), Jain et al. (2016) e Goncharov (2023). As instâncias da biblioteca PSPLIB são divididas em quatro categorias (j30, j60, j90 e j120). As categorias representam o tamanho (número de tarefas) das instâncias, ou seja, as instâncias da categoria j30 possuem 30 tarefas, as instâncias da categoria j60 possuem 60 tarefas, e assim sucessivamente.

A partir disso, foram escolhidas aleatoriamente seis instâncias de cada categoria, para que houvesse um espaço amostral conciso, contendo proporcionalmente a mesma quantidade de tarefas, e instâncias pequenas, médias e grandes. Dessa forma, o objetivo era validar o método proposto neste trabalho, em diversos cenários.

Em relação aos parâmetros do método proposto (GRASP+SA) é importante frisar inicialmente que foi definido como critério de parada da meta-heurística GRASP o tempo de execução, de acordo com o tamanho da instância, que nesse caso foi de  $6 \times |N|$  segundos.

Já o valor de  $\alpha$  foi definido executando o algoritmo da primeira etapa do GRASP, para os valores do conjunto:  $\{0; 0,2; 0,5; 0,8; 1\}$ , cinco vezes para cada instância e com cada valor de  $\alpha$ , por 300 segundos. Como os melhores valores de  $f$  foram obtidos para 0,8 e 1, foi realizado um novo teste para os valores do conjunto:  $\{0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 1\}$ . Logo, como os menores valores de  $f$  foram majoritariamente obtidos com  $\alpha = 0,85$ , esse valor foi o escolhido para ser usado nos experimentos computacionais.

Para a escolha dos parâmetros do SA foi introduzido a estratégia de parâmetros adaptativos, proposta por Wang et al. (2021). A Tabela 1, mostra os parâmetros definidos. Vale ressaltar que o parâmetro  $N_v$  foi definido em função do tamanho da instância, assim como a temperatura inicial ( $T_i$ ). Já os valores da temperatura final ( $T_f$ ) e da taxa de resfriamento ( $\beta$ ) foram definidos realizando-se testes combinando valores dos conjuntos:  $\{0,1; 0,01\}$  e  $\{0,999; 0,995; 0,9\}$ , respectivamente.



Tabela 1. Valores dos parâmetros do SA

Parâmetro	Valor
$T_i$	$0,01 \times  N $
$T_f$	0,01
$\beta$	0,995
$N_v$	$1,2 \times  N $

## 5.2 Detalhes de Implementação e Execução de Testes

O algoritmo foi desenvolvido na linguagem de programação C++, compilado com GCC *Compiler* 9.4.0. Os experimentos computacionais foram realizados em um ambiente com processador Ryzen 5 3.6GHz, 16 GB de memória RAM, utilizando o sistema operacional Linux Ubuntu 20.04. Para cada uma das instâncias, foram realizadas cinco execuções, sendo que o tempo máximo de execução foi definido, conforme dito anteriormente, por  $6 \times |N|$  segundos. O que representa para as instâncias de tamanho 30, 60, 90 e 120 tarefas, respectivamente, os valores 180, 360, 540 e 720 segundos.

## 6. RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE

Na Tabela 2 pode-se observar os resultados obtidos para cada categoria de instâncias: j30, j60, j90 e j120. Para cada uma delas se tem o valor da menor FO obtida dentre as cinco execuções ( $f_{best}$ ), a média ( $f_{avg}$ ) e o desvio padrão ( $f_{sd}$ ). Além disso, também é exibido na coluna  $\omega$  o tempo gasto (em segundos) para que a solução com valor  $f_{best}$  fosse encontrada.

Tabela 2. Resultados obtidos pelo GRASP+SA

Instâncias	$f_{best}$	$f_{avg}$	$f_{sd}$	$\omega$ (seg.)	
j30	j301_1	43	43	0	2,270633
	j301_2	47	47,6	0,5	0,887432
	j3024_9	43	43	0	0,00041
	j3024_10	53	53	0	0,000406
	j3048_9	59	59	0	0,000413
	j3048_10	54	54	0	0,000416
j60	j601_1	77	79,2	1,8	0,001436
	j601_2	72	75,2	2,8	4,06389
	j6024_9	80	80	0	0,001456
	j6024_10	66	66	0	0,001452
	j6048_9	82	82	0	0,001453
	j6048_10	70	70	0	0,001439
j90	j901_1	80	84	2,6	271,029068
	j901_2	94	95,8	1,3	194,87064
	j9024_9	80	80	0	0,003572
	j9024_10	89	89	0	0,00357
	j9048_9	89	89	0	0,003604
	j9048_10	93	93	0	0,003586
j120	j1201_1	127	135,6	6,5	0,007173
	j1201_2	131	139,2	5,2	675,747958
	j12030_9	101	102,2	1,3	698,537857
	j12030_10	91	92,4	1,1	711,374463
	j12060_9	101	102,4	0,9	585,594623
	j12060_10	99	100,6	1,1	538,57162

Os resultados apresentados na Tabela 2 demonstram a eficácia do método proposto em diferentes instâncias. Na maioria das instâncias os resultados se mostraram consistentes. Isso pode ser observado através dos valores de  $f_{sd}$  próximos a zero. Essa consistência indica que o GRASP+SA mostrou-se robusto, produzindo soluções repetíveis e confiáveis para essas instâncias.

Além disso, é interessante notar que a instância  $j1201_1$  apresentou um desvio padrão ( $f_{sd}$ ) de 6,5. Esse resultado indica uma maior variabilidade nos resultados encontrados para essa instância, sugerindo que suas características podem ter impactado a eficiência do GRASP+SA, ou seja, como todas as instâncias na categoria j120 possuem a mesma quantidade de tarefas (120) e a mesma quantidade de recursos (4), observou-se mais atentamente a instância  $j1201_1$  e foi possível notar que a quantidade disponível de cada um dos recursos, é menor do que a encontrada nas demais instâncias da mesma categoria, o que pode ter impactado nessa variação dos resultados.

Na Tabela 3 há uma comparação dos resultados obtidos pelo GRASP+SA, com os contidos na PSBLIB, que mapeia os melhores resultados da literatura.

Para cada instância é apresentado na coluna  $f^*$  o valor da melhor solução disponibilizada na literatura. Na coluna seguinte ( $f_{best}$ ) é apresentado o menor valor de FO obtido pelo método proposto neste trabalho, sendo que os valores que estão em **negrito** representam que o método GRASP+SA obteve resultados idênticos aos resultados apresentados pela biblioteca PSPLIB. Por fim, na última coluna é apresentado o valor de  $\Delta$ , que representa a diferença percentual entre  $f_{best}$  e  $f^*$ .

Tabela 3. Comparação de resultados do GRASP+SA com os melhores resultados da literatura

Instâncias	$f^*$	$f_{best}$	$\Delta$ (%)	
j30	j301_1	43	<b>43</b>	0,00
	j301_2	47	<b>47</b>	0,00
	j3024_9	43	<b>43</b>	0,00
	j3024_10	53	<b>53</b>	0,00
	j3048_9	59	<b>59</b>	0,00
	j3048_10	54	<b>54</b>	0,00
j60	j601_1	77	<b>77</b>	0,00
	j601_2	68	72	5,56
	j6024_9	80	<b>80</b>	0,00
	j6024_10	66	<b>66</b>	0,00
	j6048_9	82	<b>82</b>	0,00
	j6048_10	70	<b>70</b>	0,00
j90	j901_1	73	80	8,75
	j901_2	92	94	2,13
	j9024_9	80	<b>80</b>	0,00
	j9024_10	89	<b>89</b>	0,00
	j9048_9	89	<b>89</b>	0,00
	j9048_10	93	<b>93</b>	0,00
j120	j1201_1	105	127	17,32
	j1201_2	109	131	16,79
	j12030_9	93	101	7,92
	j12030_10	86	91	5,49
	j12060_9	101	<b>101</b>	0,00
	j12060_10	89	99	10,10

Pode-se verificar na Tabela 3 que para o conjuntos j30 e j60, em apenas um caso, na instância  $j601_2$  o algoritmo GRASP+SA não chegou no ótimo conhecido disponível na PSBLIB, apresentando assim para esses conjuntos 91,6% de assertividade.

Para o conjunto de instâncias j90, o algoritmo não foi capaz de alcançar os ótimos conhecidos para as instâncias  $j901_1$  e  $j901_2$ , mas obteve uma diferença percentual ( $\Delta$ ) baixa. Nas demais instâncias do mesmo conjunto ele chegou no ótimo conhecido em todas, com aproximadamente 3 milissegundos, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Nas instâncias do conjunto j120, o algoritmo não performou tão bem quanto nos demais conjuntos, encontrando o ótimo conhecido em apenas uma das instâncias, e em um tempo relativamente alto. Nas demais instâncias a diferença percentual ficou um pouco elevada, principalmente para as instâncias  $j1201_1$  e  $j1201_2$  que apresentaram  $\Delta$  de 17,32% e 16,79%, respectivamente.

Portanto, pode-se dizer que para resolução do RCPSP o algoritmo proposto apresentou resultados consistentes e satisfatórios para pequenas e médias instâncias. Já para instâncias de grande porte não obteve o mesmo êxito, sendo necessários estudos futuros visando o aprimoramento da busca local.

## 7. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi tratado o Problema de Programação de Projetos com Restrição de Recursos (RCPSP). Foi proposto um algoritmo híbrido que usa a meta-heurística GRASP, sendo o *Simulated Annealing* usado na etapa de busca local. O método proposto gerou resultados bons e consistentes, em tempos consideravelmente baixos, levando em conta a disponibilidade limitada de recursos e regras de precedência das tarefas.

Os resultados obtidos mostraram também a eficácia dessa abordagem para diferentes instâncias do problema. Porém, os resultados mostram que o método tem mais eficácia para instâncias de pequeno e médio porte, apresentando uma eficiência média de 83% em atingir os resultados apresentados na literatura para as instâncias das categorias j30, j60 e j90.

Como trabalho futuro, recomenda-se explorar outro método de busca local, como exemplo o que é proposto por Goncharov (2022), com intuito de encontrar soluções ainda melhores, principalmente para as instâncias de grande porte.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, B. F. et al, 2016. Priority-based heuristics for the multi-skill resource constrained project scheduling problem. *In Expert Systems with Applications*, Vol. 57, pp. 91–103.
- Elsayed, S. et al, 2017. Consolidated optimization algorithm for resource-constrained project scheduling problems. *In Information Sciences*, Vol. 418-419, pp. 346–362.
- Feo, T. A. and Resende, M. G. C., 1995. Greedy randomized adaptive search procedures. *In Journal of global optimization*, Vol. 6, No. 2, pp. 109–133.
- Goncharov, E. N., 2022. A local search algorithm for the resource-constrained project scheduling problem. *In Journal of Applied and Industrial Mathematics*, Vol. 16, No. 4, pp. 672–683.
- Goncharov, E. N., 2023. An improved genetic algorithm for the resource-constrained project scheduling problem. *Proceedings of International Conference on Optimization and Applications*. Petrovac, Montenegro, pp. 35–47.
- Habibi, F. et al, 2018. Resource-constrained project scheduling problem: review of past and recent developments. *In Journal of Project Management*, Vol. 3, pp. 55–88.
- Jain, K. et al, 2016. A VNS-GA-based hybrid metaheuristics for resource constrained project scheduling problem. *In International Journal of Operational Research*, Vol. 27, pp. 437.
- Kadam, S. U. and Kadam, N. S., 2014. Solving resource-constrained project scheduling problem by genetic algorithm. *Proceedings of 2<sup>nd</sup> International Conference on Business and Information Management (ICBIM)*. Durgapur, India, pp. 159–164.
- Kirkpatrick, S. et al, 1983. Optimization by simulated annealing. *In Science*, Vol. 220, No. 4598, pp. 671–680.
- Kolisch, R. and Sprecher, A., 1997. PSPLIB-a project scheduling problem library: OR software-ORSEP operations research software exchange program. *In European journal of operational research*, Vol. 96, No. 1, pp. 205–216.
- Liu, Y. et al, 2023. A late-mover genetic algorithm for resource-constrained project-scheduling problems. *In Information Sciences*, Vol. 642, pp. 119–164.
- Melo, L. V., 2018. *Modelos de programação linear inteira para variantes do problema de programação de projetos com restrição de recursos*. Universidade Federal de Goiás, Goiás, Brasil.
- Wang, F. et al, 2021. A particle swarm optimization algorithm for mixed-variable optimization problems. *In Swarm and Evolutionary Computation*, Vol. 60, pp. 100808.

# ANÁLISE E VISUALIZAÇÃO DE METADADOS POR MEIO DE GRAFOS: UMA ABORDAGEM PARA A ORGANIZAÇÃO E DESCOBERTA DE INFORMAÇÃO

Flávio Garcia Praciano<sup>1\*</sup>, Guilherme Batista Meneses Alves<sup>2</sup>, Robson de Oliveira Albuquerque<sup>1</sup>, Rodrigo Otávio Pova Pullen Parente<sup>3</sup>, Thiago Oliveira Hoerlle<sup>3</sup> e Alex Aranda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Pós-graduação Profissional em Engenharia Elétrica – PPEE – Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil, Zip Code 70910-900*

<sup>2</sup>*Laboratório de Tecnologias da Tomada de Decisão - LATITUDE/UnB, Brasil*

<sup>3</sup>*Procuradoria Geral da Fazenda Nacional – PGFN, Brasil*

## RESUMO

Este artigo apresenta uma abordagem inovadora para análise e visualização de metadados sensíveis e sigilosos das bases de dados da Procuradoria-Geral da Fazenda Nacional - (PGFN). Usando automação e linguagem *Cypher*, os dados são processados diretamente no banco de dados, permitindo identificar possíveis devedores da dívida ativa Federal Brasileira. O uso de *Data Lakes* melhora a organização e a descoberta de informações. A correta estruturação e análise dos metadados são essenciais para a busca eficiente de informações. Esta pesquisa contribui para o campo da análise de metadados e tem aplicação potencial em outros domínios. Neste estudo, essa abordagem pode fornecer insights valiosos para a análise dos dados. Em suma, o trabalho apresenta uma solução inovadora para análise de metadados, com foco na dívida ativa Federal Brasileira e contribui para o avanço da área.

## PALAVRAS-CHAVE

Neo4j, Metadados, Brasil, PGFN

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a quantidade e a complexidade dos dados disponíveis em áreas como ciência, tecnologia, negócios e governo aumentaram exponencialmente. Isso deu origem à necessidade de sistematizar e estruturar dados e extrair conhecimento para obter informações preciosas e apoiar a tomada de decisão comunicada (Gutierrez, 2017).

Neste estudo, será apresentada uma abordagem baseada em gráficos para explorar metadados em bancos de dados, utilizando a poderosa ferramenta Neo4j. Ao armazenar os processos em um banco de dados em formato gráfico, tornou-se possível visualizar e compreender com precisão cada etapa do fluxo de dados. Essa metodologia visa identificar dados sensíveis, avaliar o seu impacto em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e, principalmente, compreender a natureza específica dos dados.

Para alcançar esse objetivo, foi adotado o modelo de gráficos, que possibilita uma navegação completa ao longo do processo de aquisição de dados, permitindo a obtenção de insights valiosos sobre cada elemento. Através da vinculação dos objetos dos bancos de dados juntamente com seus metadados, foi possível superar dificuldades iniciais relacionadas à padronização e limitação no tamanho dos comentários em colunas do banco de dados Impala.

Após o mapeamento dos processos e a vinculação dos metadados, a abordagem se mostrou ainda mais eficiente ao utilizar uma planilha na nuvem para manter e manipular os dados de forma mais simples, garantindo maior flexibilidade e facilidade de acesso às informações. A conversão dos dados para o formato *Cypher*, por meio de um script em Python, permitiu inseri-los no banco de dados do Neo4j, proporcionando

\*Contato do autor correspondente: flavio.praciano@redes.unb.br

uma visualização hierárquica e clara da estrutura dos dados (Pública, Repositorio ENAP, 2019) (Neo4j, 2023).

Apesar dos notáveis avanços e benefícios oferecidos pela abordagem gráfica com a ferramenta Neo4j na exploração de metadados em bancos de dados, é importante reconhecer que o presente estudo também identificou algumas limitações relevantes que merecem consideração. Estas limitações estão associadas à necessidade de enfrentar desafios concernentes à padronização dos dados, às restrições de tamanho de comentários e às limitações de armazenamento. Portanto, a abordagem proposta, embora promissora, requer uma análise cuidadosa e uma busca por soluções que superem tais obstáculos, a fim de garantir uma exploração completa e abrangente dos metadados no contexto dos bancos de dados.

## 2. TRABALHOS CORRELATOS

Tabela 1. Comparativa dos trabalhos correlatos

Estudo	Descrição	Metodologia/Abordagem	Ferramenta	Resultados/Conclusões
(Gibbs, 1990)	Estudo sobre metadados representados em bancos de dados.	Metadados representados em bancos de dados.	Banco de Dados Relacional	Facilitação de consultas SQL
(Trust, 2008-2016)	Destaque do papel crucial dos padrões de metadados na modelagem de atributos do objeto.	Definição de metadados como conjunto de atributos independentes de formato.		Importância dos metadados na descrição e organização de informações.
(Khine, 2018)	Exploração do conceito de "Data Lake" como abordagem disruptiva para lidar com Big Data.	Uso de tecnologias de Big Data como MapReduce e bancos de dados NoSQL.	Data Lake	Visão mais valiosa dos dados, superando limitações de Data Warehouses convencionais.
(Stothers, 2020)	Estudo de viabilidade usando dados clínicos em um banco de dados gráfico.	Uso de banco de dados gráfico Neo4j.	Neo4j, PostgreSQL	Neo4j apresentou desempenho superior na manipulação e criação de gráficos
(Garlik Steve Harris, 2013)	Vantagens do armazenamento em grafo e da linguagem Cypher.	Uso do armazenamento nativo em grafo Index free Adjacency no Neo4j.	Neo4j	Acesso mais eficiente aos dados, eliminação de necessidade de índices adicionais.
(Neo4j, Neo4j Cypher Query Language, 2023)	Análise da linguagem de consulta Cypher no Neo4j.	Utilização de personagens ASCII para representar vértices e relacionamentos.	Neo4j	Experiência mais intuitiva e eficiente na manipulação e análise de dados em grafo.
(Mariani, 2020)	Estudo sobre conceitos e propriedades dos gráficos.	Exploração de elementos como vértices, arestas, adjacência etc.		Aplicação em resolução de problemas e análise de dados complexos.

(Brandt, 2019)	Pesquisa sobre metadados de negócios na Ciência da Informação.	Análise de características, aplicações e tipologias dos metadados.		Ênfase na importância dos metadados na representação e gestão da informação.
(Mueller, 2018)	Estudo da reprodução de estruturas relacionais em formato de gráfico usando Neo4j.	Uso do banco de dados gráfico Neo4j.	Neo4j	Novas perspectivas para análise e interpretação dos dados.
(Candel, 2019)	Estratégia de usar o Neo4j como sistema gráfico para esquemas de banco de dados.	Utilização do Neo4j quando não há funcionalidade gráfica.	Neo4j	Limitações no Neo4j exigem soluções alternativas.

### 3. METODOLOGIA

O processo foi dividido em três abas distintas a fim de estruturar e organizar os dados: "Processos", "Tabelas" e "Colunas". Em seguida, foi desenvolvido um script em *Python* para mapear os processos e seus respectivos níveis, com o objetivo de criar uma representação hierárquica coerente. Através da execução desse script, os dados foram convertidos para o formato *Cypher*, adequado para a inserção no banco de dados *Neo4j*. Por fim, o *Neo4j* foi utilizado para armazenar e visualizar os nós e relacionamentos de forma hierárquica, permitindo uma análise mais eficiente e abrangente dos processos internos. A Figura 1 apresenta um resumo ilustrativo do processo em questão.

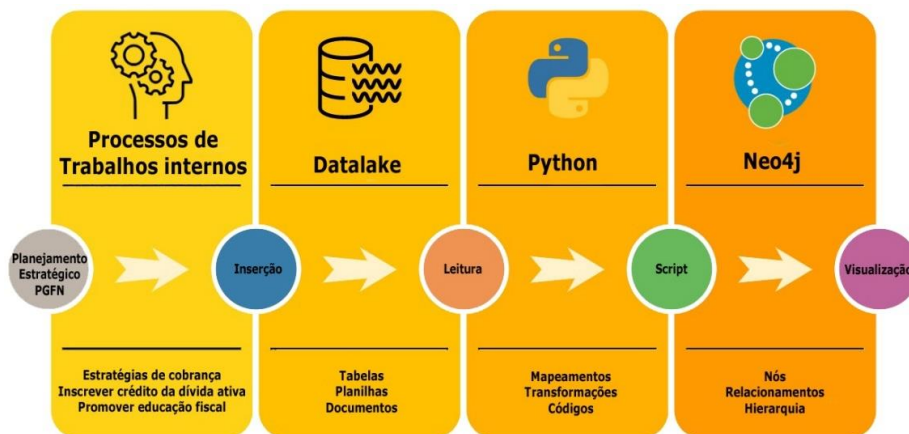


Figura 1. Mapeamento dos processos internos  
Fonte: PGDAU/PGFN

De maneira sistematizada, procedeu-se à divisão da planilha nas três abas supracitadas. Por meio da execução de um script em linguagem *Python*, previamente mapeados os processos e seus respectivos níveis, os dados foram convertidos para o formato *Cypher*, permitindo a sua inserção no banco de dados *Neo4j*. Essa abordagem permitiu a visualização hierárquica dos nós e relacionamentos correspondentes.

Inicialmente, os desafios foram analisados e subdivididos em quatro níveis hierárquicos distintos. O processo macro foi identificado como o nível mais abrangente, englobando os demais níveis subsequentes. Os processos de nível 1 foram criados para representar as principais áreas ou atividades estratégicas, enquanto os processos de nível 2 se aprofundaram nas atividades específicas dessas áreas. Por fim, os

subprocessos de nível 1 foram seguidos para detalhar as etapas e tarefas envolvidas nos processos de nível 2. A representação gráfica desses processos foi desenvolvida utilizando círculos coloridos para cada processo e nível, com setas indicando os relacionamentos e fluxos entre eles.

Utilizando uma linguagem *Cypher*, uma consulta foi desenvolvida para extrair informações específicas de um nó de interesse em um determinado processo de nível inferior. Essa consulta foi projetada para obter dados relacionados aos processos hierárquicos superiores, representados pelos círculos em rosa e verde. Além disso, foram incluídas instruções para recuperar os subprocessos vinculados em níveis inferiores, representados pelos círculos amarelos. A Figura 2 apresenta um resumo ilustrativo do processo em questão.

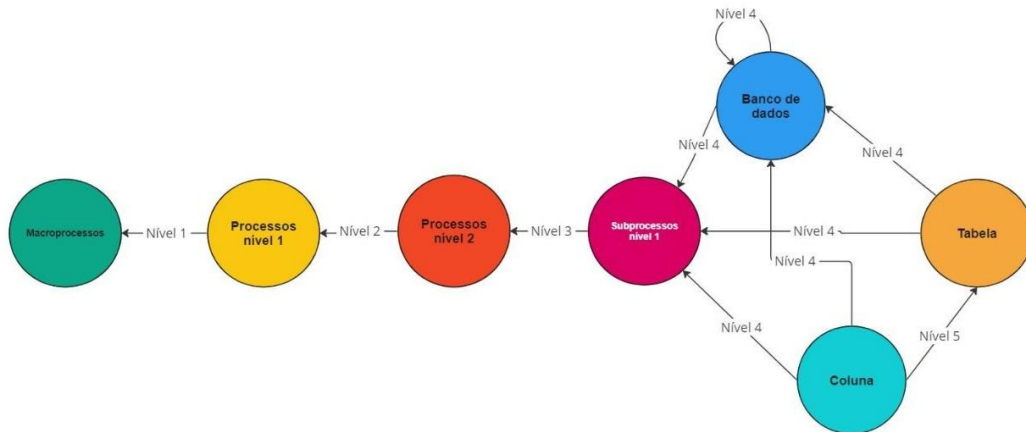


Figura 2. Detalhamento do processo  
Fonte: Servidor de homologação - Neo4J - PGFN

Inicialmente, foi realizado um levantamento dos processos envolvidos no sistema, considerando sua autoridade e níveis. Além disso, foram identificadas as tabelas apresentadas no banco de dados relacionadas aos processos em questão. Com base nos dados levantados, os processos foram estruturados hierarquicamente em diferentes níveis, sendo representados visualmente por meio de círculos coloridos.

Cada cor de círculo foi associada a um nível específico do processo, permitindo uma visualização clara da hierarquia. Usando uma representação visual, a Figura 3 foi desenvolvida para ilustrar a autoridade dos processos e as informações das tabelas.

Os círculos coloridos representaram os diferentes níveis dos processos, enquanto os círculos laranjas destacaram como tabelas. Os círculos vermelhos indicaram o banco de dados em que cada tabela está presente, e os círculos azuis representaram as colunas às tabelas associadas.

Através da Figura 3, realizou-se a análise e interpretação dos resultados obtidos. Foi possível compreender a estrutura hierárquica dos processos, identificar as tabelas e suas características, bem como compreender suas relações com subprocessos de nível 3.

Por meio da análise e interpretação dos resultados obtidos, utilizando a Figura 3 como referência, obteve-se uma compreensão aprofundada da estrutura hierárquica dos processos, identificando as tabelas envolvidas juntamente com suas características distintas. Além disso, foi possível compreender de forma abrangente as inter-relações existentes entre essas tabelas e os subprocessos de nível 3, proporcionando um entendimento mais abrangente do sistema em estudo. Essa análise contribui para uma visão abrangente e aprimorada do cenário, fornecendo bases sólidas para tomadas de decisões embasadas em informações precisas e auxiliando na otimização e aperfeiçoamento dos processos em questão.

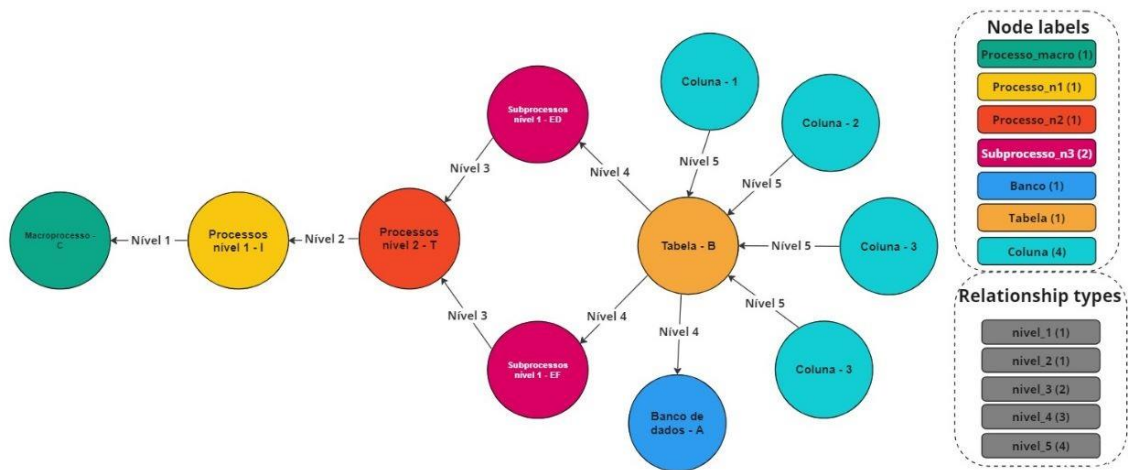


Figura 3. Hierarquia de processos versus objetos dos bancos de dados  
 Fonte: Servidor de homologação - Neo4J (PGFN)

A Figura 4 apresenta a representação das colunas por meio de círculos vermelhos, enquanto os detalhes de cada coluna são exibidos na tabela localizada no canto direito da imagem.

Esses detalhes incluem informações sobre a sensibilidade dos dados, a origem deles, o tipo de dados e uma descrição que engloba a respectiva regra de negócio associada. É importante ressaltar que o modelo adotado demonstra flexibilidade, permitindo a incorporação de novos atributos caso necessário, de acordo com as exigências impostas pelas regras de negócios vigentes. Essa flexibilidade assegura a adaptabilidade do sistema, capacitando-o a lidar com possíveis evoluções e demandas futuras.

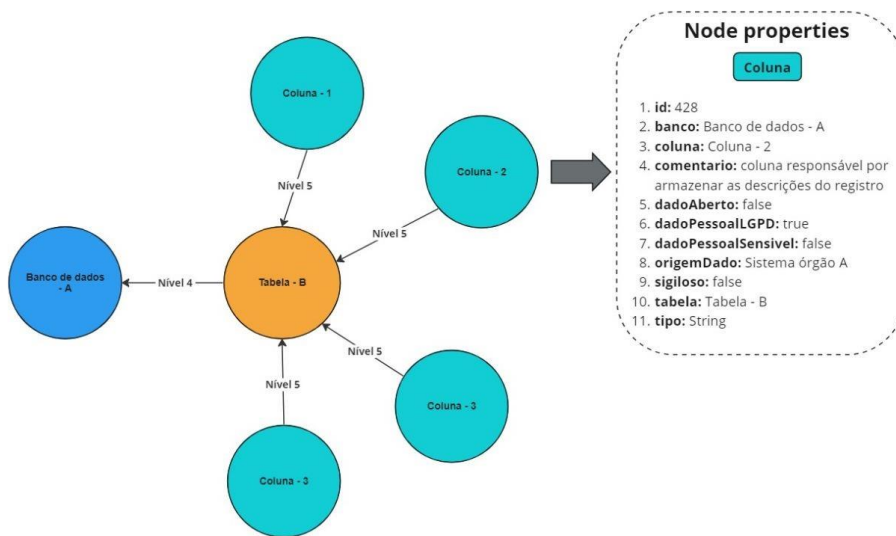


Figure 4. Atributos da coluna “Direção relação”  
 Fonte: Servidor de homologação – Neo4J (PGFN)

Com o intuito de automatizar todo o processo, foi desenvolvido um script em Python para viabilizar a leitura dos dados contidos na planilha, sua transformação em um código de criação/fusão (create/merge) na linguagem Cypher e, posteriormente, sua execução direta no banco de dados do *Neo4j*, mapeando a classificação as labels e seus respectivos nós relacionados. Para alcançar esse objetivo, foram instaladas três bibliotecas essenciais no ambiente *Python: Pandas, Json e Neo4j*. Essas bibliotecas desempenham um papel fundamental compatível no processamento e manipulação dos dados, na formatação em um formato com o



*Cypher* e na interação com o banco de dados *Neo4j*, permitindo, assim, uma integração harmoniosa e eficiente entre as diferentes etapas do processo de automatização.

Essa metodologia permitiu uma abordagem sistemática e organizada para analisar a liderança dos processos e o mapeamento das tabelas em um ambiente de bancos de dados. A representação visual facilitou a compreensão dos dados, promovendo uma análise mais clara e precisa das informações. Essa abordagem pode ser aplicada em outros contextos, seguramente para a compreensão e otimização de sistemas baseados em bancos de dados.

## 4. RESULTADOS

Por meio da utilização da ferramenta *Neo4j* e do armazenamento dos processos em um banco de dados em gráficos, foi possível obter informações ocultas sobre cada etapa do fluxo de dados. Essa abordagem permite estabelecer o relacionamento entre a origem dos dados e compreender sua natureza específica, incluindo a identificação de dados sensíveis e a avaliação do seu impacto em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). A adoção do modelo de gráficos se mostrou altamente adequada para atingir esse objetivo, pois possibilita uma navegação completa ao longo do processo de aquisição de dados, permitindo a obtenção de insights valiosos sobre cada elemento e conseguindo a precisão das informações em cada nó do gráfico (Monteiro, 2019).

Foi implementado um mecanismo de armazenamento dos metadados nas tabelas e colunas dos bancos de dados por meio de comentários. No contexto da Procuradoria-Geral da Fazenda Nacional (PGFN), o sistema de gerenciamento de banco de dados utilizado é o *Impala*, fornecido pela empresa Cloudera. No entanto, devido a uma limitação de 255 caracteres no tamanho máximo dos comentários das colunas no *Impala*, a abordagem de armazenamento direto dos metadados por meio de comentários apresenta algumas restrições. Comentários mais longos ou campos com muitos atributos não seriam considerados contemplados nesse modelo. Portanto, a estratégia de armazenar os metadados diretamente nos comentários não é viável em virtude dessas técnicas delimitadas (Erraissi, 2017).

Ao adotar a abordagem de manter o dicionário de dados nos comentários das colunas no banco de dados (*Impala*), foram identificadas algumas dificuldades, que incluem:

**Dificuldade de padronização:** para viabilizar a manutenção dos comentários das colunas no formato *JSON*, tornou-se necessário assegurar que todas as colunas sejam criadas com um *JSON* válido. Essa exigência implica em estabelecer uma estrutura correta e a sintaxe adequada para garantir a integridade dos dados contidos nos comentários. Dessa forma, é necessário um cuidado no processo de criação das colunas, assegurando que elas atendam aos requisitos de um *JSON* válido. Essa abordagem permite a representação e o armazenamento dos comentários das colunas de maneira estruturada, facilitando a consulta e a interpretação dos metadados relacionados às colunas no contexto do banco de dados. Exemplo: {"chave": "valor" "chaveArray": [1,2,3]}.

**Limitação de tamanho:** durante a análise dos resultados, constatou-se uma limitação no *Impala*, que impediu a criação de comentários com mais de 255 caracteres. Essa restrição dificulta a inclusão de colunas com vários atributos, já que não é possível fornecer informações discriminadas dentro desse limite de caracteres. Essa limitação representa um desafio significativo na documentação e manutenção dos metadados das colunas, afetando a capacidade de descrever com precisão as características e regras de negócio associadas a esses atributos. É necessário explorar soluções ou alternativas e considerar o uso de outras ferramentas de gerenciamento de banco de dados que armazenam comentários mais extensos para as colunas.

Em uma etapa subsequente, foi realizado o mapeamento dos processos e a vinculação dos objetos dos bancos de dados, juntamente com seus metadados. Optou-se por armazenar essas informações em uma tabela específica do banco de dados no *Impala*, que posteriormente foi exportada para uma planilha na nuvem, mantendo a estrutura de formato tabular. Essa abordagem é apresentada como uma solução eficaz para superar o problema de padronização e limitação na quantidade de caracteres. Através do uso da planilha na nuvem, foi possível manter e manipular os metadados de forma mais simples, garantindo maior flexibilidade e facilidade de acesso às informações. Dessa forma, as questões relacionadas à padronização e às restrições de caracteres foram devidamente abordadas e solucionadas, permitindo uma gestão adequada dos metadados dos objetos dos bancos de dados. Para organizar e estruturar as informações, a planilha foi dividida em três abas distintas: processos, tabelas e colunas. Através da execução de um *script* em *Python*, que mapeia os

processos e seus respectivos níveis, os dados foram convertidos para o formato *Cypher*, a fim de serem inseridos no banco de dados do *Neo4j*. Essa abordagem possibilitou a visualização dos nós e relacionamentos de forma hierárquica, proporcionando uma compreensão mais clara da estrutura dos dados. Na figura 1, foi apresentado um resumo desse processo, destacando as etapas e os elementos envolvidos. Essa abordagem demonstra a eficácia do uso do *Python* e do *Neo4j* para a análise e visualização dos dados, confiante para uma melhor compreensão dos processos e suas interrelações.

Para validar a eficácia da abordagem proposta, foram realizados experimentos utilizando conjuntos de metadados reais em diferentes domínios, incluindo bibliotecas digitais, sistemas de gerenciamento de conteúdo e bancos de dados científicos. Os resultados obtidos confirmam que a representação em forma de gráficos facilita a identificação de padrões, relacionamentos e tendências nos metadados, permitindo uma análise mais abrangente e a descoberta de informações relevantes.

## 5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma abordagem inovadora para a análise e visualização de metadados por meio de gráficos, pretendendo melhorar a organização e a descoberta de informações em diversos domínios. Ao empregar técnicas de representação gráfica monitorada em gráficos, foi possível visualizar e explorar os metadados de forma interativa e intuitiva.

Através dos experimentos produzidos com conjuntos de metadados reais, foi possível validar a eficiência da abordagem proposta. Os resultados da representação por gráficos ajudam na identificação de padrões, relacionamentos e tendências nos metadados, permitindo uma análise mais abrangente e a descoberta de informações relevantes.

O mecanismo de visualização desenvolvida com base na proposta de abordagem direcionada aos usuários proporciona uma experiência intuitiva e amigável para explorar e interagir com os metadados. Por meio dessa ferramenta, os usuários puderam realizar consultas, filtrar os metadados, navegar pela estrutura do gráfico e obter insights valiosos sobre os dados examinados.

A utilização de gráficos para análise e visualização de metadados apresentou-se como uma abordagem encorajadora. Essa técnica oferece uma perspectiva mais abrangente dos metadados, deixando uma compreensão mais profunda das informações contidas nos conjuntos de dados. Além disso, a representação gráfica facilita a comunicação e a interpretação dos resultados, auxiliando os investigadores e profissionais a tomar decisões embasadas em evidências.

A aplicação dessa abordagem vai além dos domínios explorados neste aprendizado, podendo ser utilizada em uma variedade de áreas, como ciência da computação, ciência de dados, dados governamentais, entre outras. Espera-se que este trabalho estimule novas pesquisas e práticas no campo dos metadados, norteando para avanços na organização e descoberta de informações em diferentes contextos.

Conclui que a utilização de gráficos para análise e visualização de metadados é uma abordagem promissora, capaz de melhorar significativamente a organização e a descoberta de informações em diversos contextos. Espera-se que este estudo contribua para o avanço da área de metadados e inspire novas pesquisas e aplicações práticas nesse campo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio técnico e computacional do Laboratório LATITUDE, da UnB, que conta com apoio do CNPq - (Outorgas 312180/2019-5 PQ-2 e 465741/2014-2 INCT em Cibersegurança), da AGU (Outorga AGU 697.935/2019), a Procuradoria Geral da Fazenda Nacional (Outorga PGFN 23106.148934/2019-67) e um agradecimento especial para o Dr. Daniel de Saboia Xavier - Procurador da Fazenda Nacional e ao Programa de Pós-graduação Profissional em Engenharia Elétrica - PPEE ao Decanato de Pesquisa e Inovação - DPI da UnB (Outorga 7129 FUB/EMENDA/DPI/COPEI/AMORIS) e do Projeto SISTER City (Outorga 625/2022) e a Fundação de Apoio à Pesquisa do DF - FAP/DF.

## REFERÊNCIAS

- Brandt, M. B. (2019). Metadados de negócio: representação da informação dos processos de trabalho Transinformação. Metadados de negócio: representação da informação dos processos de trabalho Transinformação, p. 31.
- Candel, C. J.-M. (2019). Utilização de Neo4j para consultar esquemas de bases de dados NoSQL. Utilização de Neo4j para consultar esquemas de bases de dados NoSQL.
- Erraissi, A. a. (2017). A big data hadoop building blocks comparative study. A big data hadoop building blocks comparative study, p. 18.
- Garlik Steve Harris, A. S. (21 de 03 de 2013). <https://www.w3.org/TR/sparql11-query/>. Fonte: <https://www.w3.org/https://www.w3.org/TR/sparql11-query/>
- Gibbs, S. (1990). Consultando coleções de classes grandes. Gerenciamento de objetos (D. Tsichritzis, ed.), pp. 63-77.
- Gutierrez, L. N. (2017). O conceito de big data: novos desafios, novas oportunidades. O conceito de big data: novos desafios, novas oportunidades, p. 4.
- Khine, P. P. (2018). Data lake: uma nova ideologia na era do big data - Web de conferências ITM. EDP Ciências.
- Mariani, A. C. (2020). Teoria dos Grafos. Santa Catarina/SC: UFSC/CTC/INE, <http://www.inf.ufsc.br/grafos/livro.html>.
- Monteiro, Y. S. (2019). A efetividade dos mecanismos de proteção de dados pessoais na lei 13.709/2018. Fonte: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/prefix/13383>:
- Mueller, W. a. (2018). Mapping of relational structures in graph database Neo4j. Mapping of relational structures in graph database Neo4j, pp. 121-124.
- Neo4j, I. (2023). Neo4j Cypher Query Language. Fonte: Linguagem de consulta Cypher Neo4j: <https://neo4j.com/docs/>
- Neo4j, I. (2023). Neo4j. Fonte: <https://neo4j.com/>: <https://neo4j.com/>
- Pública, E. N. (2019). Repositorio ENAP. Fonte: Repositorio ENAP: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/5008/4/M%C3%B3dulo%204%20-%20Gerenciamento%20de%20Metadados%20e%20da%20qualidade%20de%20Dados.pdf>
- Stothers, J. A. (2020). O Neo4j pode substituir o PostgreSQL na área da saúde? p. 646.
- Trust, J. P. (2008-2016). Getty Research Institute. Fonte: <https://www.getty.edu/https://www.getty.edu/publications/intrometadata/introduction/>

# UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINA PARA OTIMIZAÇÃO DE APLICATIVOS DE SEGURANÇA EM REDES IOT

Bruno Scholles Soares Dias, Matheus Virgilio da Silva Ferreira,  
Francisco Lopes de Caldas Filho, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça, Edna Dias Canedo,  
Robson de Oliveira Albuquerque e Rafael Timóteo de Sousa Júnior  
*Laboratório LATITUDE, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília (UnB), Brasília-DF, Brasil*

## RESUMO

Este trabalho descreve a implementação em aprendizado de máquina do conjunto de dados do MotionSense Dataset, composto por séries temporais coletadas de sensores de acelerômetro e giroscópio de 24 participantes. O objetivo é identificar características pessoais e padrões específicos nas atividades realizadas, como subir e descer escadas, caminhar, correr, sentar e ficar em pé. Os dados foram utilizados para desenvolver um sistema de previsão no projeto AMORIS, que visa prever o movimento de uma vítima em situações de perigo, após o acionamento de um botão de pânico. Foram aplicados os algoritmos Random Forest e Multi-layer Perceptron (MLP) para realizar as previsões, sendo observada uma performance ligeiramente superior do Random Forest (*F1 score* médio 93%) em relação ao MLP (*F1 score* médio 91%), especialmente para atividades não-lineares, como subir e descer escadas. Os resultados obtidos demonstraram alta acurácia nas atividades mais estáticas, enquanto a quantidade de dados influenciou a precisão para atividades mais dinâmicas.

## PALAVRAS-CHAVE

IoT, Machine Learning, Deep Learning, Segurança, MLP, Random Forest

## 1. INTRODUÇÃO

Os aplicativos de botão de pânico ganharam popularidade recentemente como medidas de segurança para indivíduos que se sentem ameaçados em seu entorno [Everard, 2021]. Devido à complexidade da sociedade moderna, essas soluções de segurança têm evoluído, integrando serviços de emergência, rastreamento em tempo real, gravação de áudio e vídeo e proteção de dados pessoais.

O "SafetiPin" [Malekzadeh et al., 2021], a primeira iniciativa desse tipo, surgiu em 2013 como resposta a casos de agressão sexual na Índia, permitindo aos usuários compartilhar sua localização e configurar alertas automáticos em situações de perigo. Desde então, esses aplicativos se tornaram mais populares, especialmente devido à crescente presença de smartphones em áreas urbanas, onde 81% dos americanos agora possuem um dispositivo móvel [P. R. Center, 2021].

Contudo, o desenvolvimento desses aplicativos levanta preocupações de privacidade e segurança, exigindo um equilíbrio entre benefícios e riscos. Os desenvolvedores devem abordar essas questões para garantir produtos seguros e transparentes.

Apesar disso, os aplicativos de botão de pânico, integrados a outras soluções IoT como câmeras inteligentes e dispositivos de monitoramento remoto, têm potencial para salvar vidas e oferecer segurança pessoal. Eles devem ser usados de maneira responsável e aprimorados constantemente.

Este trabalho, desenvolvido no projeto AMORIS da Universidade de Brasília, visa melhorar o sistema de monitoramento de vítimas ao integrá-lo ao aplicativo AMORIS. Quando o botão de pânico é acionado, um sistema baseado em aprendizado de máquina rastreia e analisa os movimentos do usuário, fornecendo informações úteis à central de comando. A análise compara dois algoritmos amplamente utilizados, o Random Forest e o Multi-Layer Perceptron, para identificar as atividades da vítima. Esse aperfeiçoamento na tomada de decisões visa fornecer informações mais precisas e melhorar as ações de resgate em situações de emergência.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

O botão de pânico é uma iniciativa que vem se popularizando na área de segurança pessoal, especialmente voltado para situações de emergência. Desde sua concepção, muitos projetos de pesquisa têm se mobilizado para melhorar sua eficiência e acessibilidade. Para se ter uma visão geral das diferentes abordagens já introduzidas, neste artigo é feita uma revisão da literatura de alguns dos principais trabalhos de botão de pânico e suas contribuições para o campo.

[Calero et al., 2022] desenvolvem o Bindi, um sistema autônomo inovador chamado Bindi que vai além dos botões de pânico tradicionais. Ele utiliza inteligência artificial para detectar automaticamente emoções relacionadas ao medo e ativar um protocolo de proteção, incorporando tecnologias de ponta, como a Internet dos Corpos e a fusão de informações multissensoriais. O estudo avalia sua eficácia usando dados de respostas fisiológicas e auditivas de 47 mulheres em um ambiente de realidade virtual, alcançando uma precisão de classificação de medo de 63,61%. Além disso, investiga o consumo de energia e o processamento de áudio para detecção de eventos violentos, abrindo caminho para futuras pesquisas sobre medo real em mulheres.

No contexto da crescente preocupação com a segurança das mulheres na Índia e em outros países, [Chand et al.] examinam as limitações enfrentadas pela polícia ao responder a chamados de ajuda e apresenta uma solução na forma de um aplicativo móvel chamado WoSApp. Projetado para fornecer às mulheres um meio discreto e confiável de pedir ajuda em situações de emergência, o WoSApp permite que o usuário acione rapidamente a função de chamada através do balanço do telefone ou pressionando um botão de pânico na tela. Com isso, é enviada uma mensagem para a polícia com a localização do usuário e informações de contato de uma lista pré-selecionada de contatos de emergência. O artigo fornece uma descrição detalhada do desenvolvimento e implementação técnica do aplicativo.

Para tornar a ativação do botão de pânico mais discreta e ágil, [Majumdar et al., 2014] apresentam uma solução inovadora usando microcontroladores e tecnologia GSM. O botão de pânico é ativado por um interruptor simples, consistindo em uma placa Arduino, um módulo GSM com um cartão SIM e um contato de emergência pré-definido. Da mesma forma, [Awodeyi et al., 2018] utilizam um microcontrolador ArduinoUno, um módulo Wi-Fi e um módulo GPS para acesso rápido a serviços de segurança, especialmente em áreas rurais. Esses dispositivos embarcados chamam menos atenção e enviam rapidamente uma mensagem de emergência com a localização GPS do usuário para um contato designado, permitindo um rastreamento preciso.

Voltando para a linha dos aplicativos, [Prawira et al., 2019] produziram em Surabaya, Depokum, uma aplicação que possui recursos para identificar a localização da vítima usando GPS ou base em rede, bem como medir a distância entre o socorrista e a vítima usando a API Google Distance Matrix. Foram implementadas três formas de relatar uma emergência: através de um botão dentro do aplicativo, um botão liga/desliga ou por meio de comandos de voz. Os resultados dos testes de desempenho mostraram os tempos médios necessários para relatar uma emergência até que o socorro chegue. No caso do uso do botão no aplicativo, o tempo médio foi de 6.96 segundos. Para o botão liga/desliga, o tempo médio foi de 21.08 segundos, e para o comando de voz, foi de 20.33 segundos.

O sistema GPS é versátil na identificação da movimentação do usuário, mas há outras formas de obter dados de localização em smartphones. Em [Michalevsky et al., 2015], o PowerSpy propõe rastrear dispositivos usando apenas dados de consumo de energia por meio de uma rede neural. Isso alcança precisão de até 90% em ambientes internos e 70% em ambientes externos, identificando se o usuário está em movimento com até 94% de precisão. Os autores alertam para as implicações na privacidade e defendem maior transparência no uso de consumo de energia e opções de privacidade para os usuários.

Com o mesmo intuito dos trabalhos supracitados, a Universidade de Brasília desenvolveu o projeto AMORIS [Souza Junior et al., 2021], uma iniciativa abrangente de soluções IoT para lidar com questões de segurança no campus. Inicialmente mais centrada em uma Rede de Solidariedade pela qual o usuário poderia se cadastrar para informar o estado de saúde e se voluntariar em atividades durante a Pandemia da Covid-19, ela evoluiu para um aplicativo móvel que oferece uma interface para acesso a recursos de emergência, incluindo mecanismos de compartilhamento de localização. A API de serviço atua como um canal de comunicação entre o aplicativo e um painel de controle, armazenando de forma segura solicitações de SOS e os dados dos usuários, visando garantir uma resposta de emergência eficiente.

### 3. METODOLOGIA

Este artigo visa desenvolver um método inovador para identificar movimentações do usuário de um aplicativo de botão de pânico, melhorando a tomada de decisões durante operações de resgate. A proposta envolve o uso de uma rede de classificação baseada em aprendizado de máquina, que utiliza dados de sensores internos do smartphone, como acelerômetro e giroscópio, para reduzir a dependência do GPS.

A seção de metodologia detalha os procedimentos adotados, incluindo uma análise comparativa entre dois modelos de machine learning amplamente usados: Random Forest e MLP (Multilayer Perceptron), visando identificar o modelo mais adequado para a predição precisa das atividades do usuário.

O artigo apresenta o dataset utilizado, que contém dados dos sensores do smartphone, e descreve a construção dos modelos Random Forest e MLP. Essa análise comparativa esclarece as vantagens e desvantagens de ambos os modelos, auxiliando na escolha da melhor abordagem de algoritmos de classificação. O objetivo é aprimorar o monitoramento físico das vítimas, melhorando as operações de resgate e proporcionando respostas mais eficazes em situações de emergência.

#### 3.1 MotionSense Dataset

A construção de datasets para treinar redes neurais é desafiadora quando se trata de padrões de movimento, devido à falta de sensores absolutos de coleta uniforme de informações físicas. Os sensores comuns, como acelerômetros e giroscópios, são sensíveis à posição em que estão localizados no corpo, fornecendo dados relativos aos eixos. Além disso, os movimentos humanos, como andar, correr e subir escadas, variam consideravelmente e podem ser afetados por debilidades motoras.

O MotionSense Dataset [Malekzadeh et al., 2019] é um conjunto de dados que inclui séries temporais de sensores de acelerômetro e giroscópio, capturando atitude, gravidade, aceleração do usuário e taxa de rotação. Os dados foram coletados usando um iPhone 6s no bolso frontal de participantes equipados com SensingKit, que coleta informações do framework Core Motion em dispositivos iOS. Vinte e quatro participantes de diferentes gêneros, idades, pesos e alturas realizaram seis atividades em 15 experimentos, todos em ambientes e condições idênticos, abrangendo ações como descer escadas, subir escadas, caminhar, correr, sentar e ficar em pé.

O objetivo desse conjunto de dados é identificar características pessoais nas séries temporais dos dados dos sensores, ou seja, padrões específicos que podem ser utilizados para inferir o gênero ou personalidade dos participantes, além das próprias atividades classificadas. Em cada experimento, é obtida uma série temporal multivariada com 12 características: `attitude.roll`, `attitude.pitch`, `attitude.yaw`, `gravidade.x`, `gravidade.y`, `gravidade.z`, `rotationRate.x`, `rotationRate.y`, `rotationRate.z`, `userAcceleration.x`, `userAcceleration.y`, `userAcceleration.z`. Existem 6 rótulos diferentes no conjunto de dados:

- `dws`: descendo escadas
- `ups`: subindo escadas
- `sit`: sentado
- `std`: em pé
- `wlk`: caminhando
- `jog`: correndo

O MotionSense Dataset foi escolhido como base de dados para o sistema de predição de movimento no projeto AMORIS devido à riqueza de informações em séries temporais. A partir dos dados dos sensores acelerômetro e giroscópio, é possível extrair padrões e características relevantes para prever o movimento das vítimas em situações de emergência. Isso capacita o sistema a reconhecer padrões associados a diferentes atividades e identificar quando uma vítima está em perigo, acionando ações de auxílio para garantir sua segurança.

O conjunto de dados de treinamento contém 1.412.864 registros, sendo 1.059.648 destinados ao treinamento para permitir que o modelo aprenda informações e padrões abrangentes. Adicionalmente, 353.216 registros são reservados para a validação, avaliando a capacidade de generalização do modelo e sua habilidade de lidar com novos dados. Essa divisão do dataset em treinamento e validação é crucial para assegurar resultados de alta qualidade.

### 3.2 Random Forest

O Random Forest [Breiman, 2001] é um algoritmo de aprendizado de máquina que combina várias árvores de decisão para previsões. Cada árvore é construída com uma amostra aleatória dos dados e utiliza características selecionadas aleatoriamente em cada divisão de nó, proporcionando vantagens para a tarefa preditiva.

O uso do Random Forest foi motivado por várias razões. Primeiro, os dados brutos dos sensores de acelerômetro e giroscópio foram diretamente alimentados ao modelo, sem necessidade de pré-processamento, devido à capacidade do Random Forest de lidar com eles sem tratamentos intensivos. Isso simplificou a modelagem e permitiu uma rápida execução com os dados disponíveis. Além disso, o modelo é adequado para aprender padrões não-lineares e interações complexas entre as características do dataset selecionado.

A implementação específica do Random Forest no MotionSense utilizou o Random Forest padrão do scikit-learn [Pedregosa et al., 2011], uma biblioteca popular de aprendizado de máquina em Python. Os hiperparâmetros padrão do scikit-learn, como o número de árvores, função de avaliação da qualidade das divisões e outros, atenderam aos requisitos do projeto sem necessidade de ajustes específicos para o MotionSense Dataset.

### 3.3 Multi-layer Perceptron (MLP)

O MLP (Multilayer Perceptron) [Rumelhart *et al.*, 1986] é um tipo de rede neural artificial que possui uma estrutura composta por várias camadas de neurônios interconectados. A estrutura inclui uma camada de entrada, uma ou mais camadas intermediárias (também chamadas de camadas ocultas) e uma camada de saída. Cada neurônio em uma camada está conectado a todos os neurônios da camada seguinte, formando uma rede densamente conectada. No contexto do MotionSense Dataset, o MLP foi escolhido como o modelo de *deep learning* a ser aplicado para prever os rótulos das atividades. O MLP é uma escolha adequada para essa tarefa, pois é capaz de aprender relações complexas e não-lineares nos dados.

No entanto, ao contrário do Random Forest, o MLP requer algum pré-processamento dos dados antes de ser aplicado. Para isso, os dados passaram por um pré-processamento chamado *Standard Scaler* [Huang *et al.*, 2020]. O *Standard Scaler* é uma técnica de pré-processamento comum que padroniza as características dos dados, tornando-as com média zero e variância unitária. Isso é feito para garantir que as características estejam na mesma escala e evita que algumas características tenham mais influência do que outras durante o treinamento da rede neural. Após o pré-processamento, os dados padronizados são inseridos na estrutura do MLP para o treinamento, etapa em que o MLP ajusta automaticamente os pesos e os bias das conexões entre os neurônios para aprender as representações e os padrões relevantes nos dados. Essas informações aprendidas são usadas para fazer previsões sobre os rótulos das atividades.

A MLP foi implementada utilizando a biblioteca PyTorch [Paszke *et al.*, 2019] e possui uma estrutura com 4 camadas. A primeira camada oculta contém 256 neurônios, a segunda camada oculta possui 128 neurônios, a terceira camada oculta possui 64 neurônios e a quarta camada oculta possui 32 neurônios. A quantidade de neurônios na camada de saída depende do problema específico de classificação.

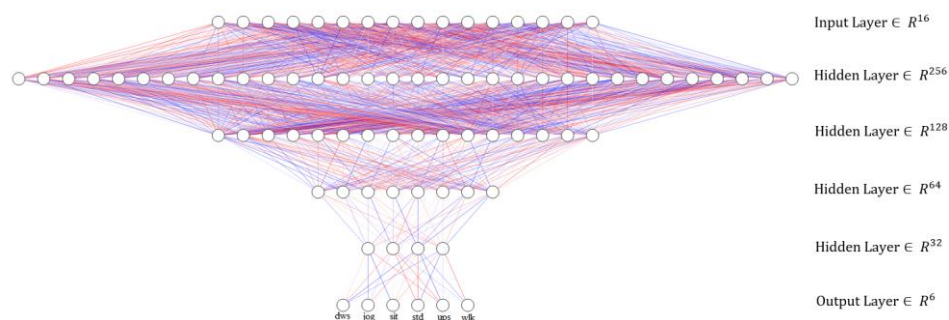


Figura 1. Esquema do modelo MLP utilizado no sistema preditivo. O número de neurônios na imagem é apenas ilustrativo, uma vez que a quantidade real empregada é muito alta para ser representada

Durante o treinamento, foi utilizada a função de perda de entropia cruzada (*cross entropy*) [Zhang & Sabuncu, 2018] como uma métrica para avaliar a discrepância entre as previsões da rede neural e os rótulos dos dados. A escolha da *cross entropy* é relevante por diversos motivos. Primeiro, ela é especialmente adequada para problemas de classificação, pois quantifica de forma eficiente a diferença entre as distribuições de probabilidade previstas e as distribuições reais dos rótulos. Além disso, a *cross entropy* possui propriedades matemáticas desejáveis, como ser diferenciável, o que permite que o algoritmo de otimização atualize os pesos da rede com base no gradiente da função de perda.

Também, foram realizadas 150 épocas completas e o tamanho do lote de treinamento (*batch size*) utilizado foi de 512. A cada iteração, o otimizador calcula o gradiente médio com base nesses lotes para atualizar os pesos.

A taxa de aprendizado (*learning rate*) [Wu *et al.*, 2019] foi definida como  $1e-4$ , controlando o tamanho dos ajustes nos pesos durante o treinamento. Optou-se por uma taxa de aprendizado menor para garantir uma convergência mais precisa, evitando instabilidades que podem ocorrer com valores mais altos.

A função de ativação utilizada nas camadas ocultas da MLP foi a ReLU (*Rectified Linear Unit*) [Agarap, 2018]. Essa função retorna zero para números negativos de entrada e mantém os números positivos inalterados. A ReLU é amplamente utilizada em redes neurais devido à sua simplicidade e capacidade de lidar com problemas não-lineares.

Ainda, foi aplicado o *Batch Normalization* (BatchNorm1d) [Ioffe & Szegedy, 2015] nas camadas ocultas da MLP. Essa técnica normaliza os valores de ativação em cada lote durante o treinamento, reduzindo a covariância entre as camadas e acelerando a convergência. O Batch Normalization é aplicado após a operação linear em cada camada oculta.

Por fim, os pesos das camadas intermediárias são monitorados durante o treinamento para fins de depuração e são exibidos no Tensorboard. Essa prática permite verificar se ocorrem erros ou comportamentos indesejados em camadas específicas ao longo do treinamento.

## 4. TESTES E RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os testes e resultados obtidos durante a análise de desempenho dos modelos de Machine Learning. Para garantir a confiabilidade e a precisão dos experimentos realizados, no qual foi utilizada uma máquina com configurações de alta performance. A máquina empregada nos testes possui uma GPU NVIDIA GeForce RTX 3090. Além disso, ela conta com uma CPU Intel(R) Core(TM) i9-10900K CPU @ 3.70GHz e 128GB de memória RAM, permitindo a manipulação eficiente de grandes conjuntos de dados. O sistema operacional utilizado foi o Ubuntu 20.04.6 LTS, oferecendo uma base sólida e confiável para os testes e resultados obtidos ao longo deste estudo.

As tabelas Tabela 1 e Tabela 2 reúnem para cada classe os *benchmarks* mais populares em problemas de classificação para as duas arquiteturas propostas, Random Forest e MLP, respectivamente. Em um plano mais amplo, a Random Forest (93%) teve uma performance levemente superior ao MLP (91%) na acurácia total, além de superá-lo para todas as classes em todas as métricas, com exceção do recall da classe “std”. Tem-se as maiores diferenças de rendimento nas classes “dws” e “ups”, correspondentes aos movimentos em escadas. Pode-se atribuir o resultado a essas classes terem padrões de movimento com menor linearidade, tendo em vista que modelos Random Forest tendem a se destacar sobre perceptrons para dados não-lineares.

Tabela 1. Resultado do teste de predição no dataset do MotionSense utilizando Random Forest

Classe	Precisão	Recall	F1-Score	Número de Dados
dws (1)	85%	76%	80%	32973
jog (2)	91%	89%	90%	33596
sit (3)	100%	100%	100%	84621
std (4)	99%	99%	99%	76593
ups (5)	87%	80%	83%	39326
wlk (6)	88%	96%	92%	86107
<b>Acurácia:</b>			<b>93%</b>	<b>353216</b>



Ademais, nota-se um rendimento alto nos casos mais estáticos (“std”, “sit”), já esperado devido às medições dos sensores serem mais constantes ao longo do tempo para essas classes. Destaca-se os resultados das métricas em “jog”, com precisão superior a “wlk”, contrariando o esperado de que classes mais estáticas sejam mais fáceis de prever. Pode-se atribuir o resultado a quantidade consideravelmente superior de dados “wlk”, aumentando o número de falsos positivos e afetando seu *benchmark* de precisão.

Tabela 2. Resultado do teste de predição no dataset do MotionSense utilizando Multi-layer Perceptron

Classe	Precisão	Recall	F1-Score	Número de Dados
dws (1)	77.70%	72.31%	74.91%	33136
jog (2)	89.41%	85.22%	87.27%	33536
sit (3)	99.94%	99.88%	99.91%	84754
std (4)	99.07%	99.33%	99.20%	76479
ups (5)	80.85%	77.89%	79.34%	39383
wlk (6)	87.84%	93.11%	90.40%	85928
<b>Acurácia:</b>			<b>91.68%</b>	<b>353216</b>

A análise dos gráficos de Loss e acurácia ao longo das épocas de treinamento revela um padrão encorajador e sugere resultados promissores para o estudo em questão. Observou-se que a loss diminui consistentemente tanto no conjunto de treinamento quanto no conjunto de validação à medida que as épocas avançam. Esse comportamento indica que o modelo está aprendendo com eficácia durante o treinamento, pois a Loss é uma medida da discrepância entre as previsões do modelo e os valores verdadeiros do conjunto de dados. A queda da loss em ambos os conjuntos indica que o modelo está se ajustando cada vez mais aos padrões e características dos dados, o que é um indicativo positivo.

Além disso, a acurácia do modelo também apresenta um aumento constante tanto no treinamento quanto na validação ao longo das épocas. A acurácia é uma métrica que mede a proporção de previsões corretas em relação ao total de previsões. Portanto, o aumento simultâneo da acurácia em ambos os conjuntos de dados sugere que o modelo está generalizando bem e sendo capaz de fazer previsões precisas não apenas para os dados de treinamento, mas também para novos dados que não foram vistos durante o treinamento.

Essa consistência entre a queda da loss e o aumento da acurácia em ambos os conjuntos de dados é um indicativo positivo de que o modelo está se comportando de maneira consistente e eficaz. Esses resultados reforçam a confiança de que o modelo está aprendendo a capturar as relações relevantes nos dados, o que pode levar a uma melhor capacidade de generalização e desempenho do modelo em cenários reais.

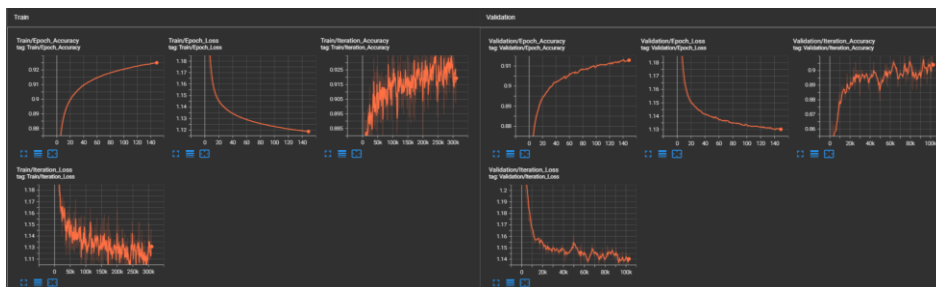


Figura 2. Gráficos da loss e acurácia durante o treinamento e validação do modelo MLP, exibidos no Tensorboard

A análise dos histogramas que comparam as previsões do treinamento e validação com o ground truth revela uma notável similaridade entre eles. Essa correspondência entre as distribuições de previsões e os valores verdadeiros é um indicativo positivo de que o modelo está capturando com precisão as características e padrões dos dados. A consistência nos histogramas sugere que o modelo está realizando inferências confiáveis e alinhadas com as expectativas esperadas, o que fortalece a confiança nos resultados obtidos. Essa concordância entre as previsões e o ground truth respalda a validade e a capacidade do modelo em fornecer estimativas acuradas, oferecendo uma base sólida para a aplicabilidade e confiabilidade do estudo em questão.



Figura 3. Histograma da distribuição das previsões em relação ao Ground Truth durante o treinamento, exibido no Tensorboard

## 5. CONCLUSÃO

Este estudo investigou a aplicação de técnicas de aprendizado de máquina na previsão de movimento utilizando dados do MotionSense Dataset. Os resultados obtidos revelaram que tanto o algoritmo Random Forest quanto a MLP (Multilayer Perceptron) apresentaram desempenho promissor na tarefa de previsão de movimento, com acurácia total de 93% contra 91%. Ambos os modelos conseguiram capturar padrões e relações nos dados de entrada, permitindo prever com precisão os movimentos realizados pelos indivíduos.

Além disso, a comparação entre os dois algoritmos destacam suas características distintas. O Random Forest mostrou-se eficaz na lidar com a natureza não-linear dos dados, enquanto a MLP apresentou uma maior capacidade de generalização. Essas descobertas fornecem insights valiosos para a seleção e implementação de técnicas de previsão de movimento em aplicações do mundo real. A continuidade desse estudo pode envolver a exploração de outras técnicas de aprendizado de máquina, a inclusão de recursos adicionais e a análise de conjuntos de dados mais extensos, com o objetivo de aprimorar ainda mais a precisão das previsões de movimento e sua aplicabilidade em áreas como saúde, esportes e interação humano-computador.

Para trabalhos futuros, espera-se que os resultados obtidos neste estudo sejam testados em eventos práticos e aplicados em situações reais relacionadas ao tema investigado. A implementação dessas técnicas de previsão de movimento em contextos reais pode fornecer uma validação adicional da eficácia dos modelos desenvolvidos. Seria interessante realizar testes com indivíduos realizando diferentes tipos de movimentos e atividades, para avaliar a capacidade dos algoritmos em lidar com uma variedade de cenários e contextos. Além disso, a coleta de dados em tempo real durante eventos práticos pode permitir uma análise mais abrangente das limitações e desafios encontrados na aplicação dessas técnicas. Essa investigação adicional contribuiria para aprimorar a confiabilidade e a utilidade desses modelos em situações reais e promoveria avanços significativos no campo da previsão de movimento.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio técnico e computacional do Laboratório LATITUDE, da Universidade de Brasília, ao CNPq - Conselho Nacional de Pesquisa (Outorgas 312180/2019-5 PQ-2 e 465741/2014-2 INCT em Cibersegurança), a Advocacia Geral da União (Outorga AGU 697.935/2019), ao TED 01/2019 “Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica, na área de concentração: Segurança Cibernética – 1ª Turma para Profissionais do Setor de Inteligência” ao Decanato de Pesquisa e Inovação - DPI (Outorga 7129 FUB/EMENDA/DPI/COPEI/AMORIS) ao Projeto SISTER City –Sistemas Inteligentes Seguros e em Tempo Efetivo Real para Cidades Inteligentes (Outorga 625/2022) e a FAP/DF.

## REFERÊNCIAS

- Agarap, A. F. (2018). "Deep Learning using Rectified Linear Units (ReLU)." CoRR, abs/1803.08375. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1803.08375>
- Awodeyi, A., Moses, O., Opeyemi, M., A., B.-O., & Abayomi-Zannu, T. (2018). Design and construction of a panic button alarm system for security emergencies. *International Journal of Engineering and Techniques*, 4. Retrieved from [online source]
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45(1), 5-32.

- Calero, J. A. M., *et al.* (2022). Bindi: Affective internet of things to combat gender-based violence. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(21), 21174-21193.
- Chand, D., Nayak, S., Bhat, K. S., Parikh, S., Singh, Y., & Kamath, A. A. (2015). A mobile application for women's safety: Wosapp. In *TENCON 2015 - 2015 IEEE Region 10 Conference* (pp. 1-5). Macao, China.
- Everard, S. (2021). The technology helping keep women safe on the streets. Retrieved from <https://www.bbc.com/news/technology-59520815>.
- Huang, L., Qin, J., Zhou, Y., Zhu, F., Liu, L., & Shao, L. (2020). "Normalization Techniques in Training DNNs: Methodology, Analysis and Application." *CoRR*, abs/2009.12836. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2009.12836>
- Ioffe, S., & Szegedy, C. (2015). "Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift." *CoRR*, abs/1502.03167. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1502.03167>
- Majumdar, N., Bhargava, P., & Shirin, R. K. (2014). Emergency panic button using microcontrollers. *International Journal of Computer Applications*, 99(9), 1-3. Retrieved from <http://www.ijcaonline.org/archives/volume99/number9/17000-2014912615>
- Malekzadeh, M., Clegg, R, Cavallaro, A. & Haddadi, H. (2018). Protecting Sensory Data against Sensitive Inferences.
- Malekzadeh, M., Clegg, R. G., Cavallaro, A., & Haddadi, H. (2019). Mobile Sensor Data Anonymization. In *Proceedings of the International Conference on Internet of Things Design and Implementation* (pp. 49-58). Montreal, Quebec, Canada: ACM.
- Michalevsky, Y., & Nakibly, G., Schulman, A. & Boneh, D. (2015). PowerSpy: Location Tracking using Mobile Device Power Analysis.
- M. Prawira, H. T. Sukmana, V. Amrizal and U. Rahardja, "A Prototype of Android-Based Emergency Management Application" 2019 7th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), Jakarta, Indonesia, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/CITSM47753.2019.8965337.
- Paszke, A., Gross, S., Massa, F., Lerer, A., Bradbury, J., Chanan, G., ... & Chintala, S. (2019). PyTorch: An imperative style, high-performance deep learning library. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (pp. 8024-8035).
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., ... & Vanderplas, J. (2011). "Scikit-learn: Machine Learning in Python." *Journal of Machine Learning Research*, 12(Oct), 2825-2830.
- P. R. Center, "Mobile fact sheet," <https://www.pewresearch.org/internet/fact-sheet/mobile/>, 2021.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). "Learning representations by back-propagating errors." *Nature*, 323(6088), 533-536.
- SafetiPin. (2021). About us. Retrieved from <https://safetipin.com/about-us/>.
- SOUZA JÚNIOR, Rafael Timóteo de w Projeto AMORIS – aplicativo móvel e central de comando e controle sobre rede iot para suporte a ações de solidariedade no combate à Covid-19 e outros surtos. Participação, Brasília, ano 19, ed. esp., n. 34, p. 78-81, nov. 2020. Disponível em: [https://drive.google.com/file/d/1\\_y95\\_7QMT\\_wC8vhwQUcJamePgTvbjtBC/view](https://drive.google.com/file/d/1_y95_7QMT_wC8vhwQUcJamePgTvbjtBC/view). Acesso em: 19 julho 2021.
- Wu, Y., Liu, L., Bae, J., Chow, K. H., Iyengar, A., Pu, C., Wei, W., Yu, L., & Zhang, Q. (2019). "Demystifying Learning Rate Polices for High Accuracy Training of Deep Neural Networks." *CoRR*, abs/1908.06477. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1908.06477>
- Zhang, Z., & Sabuncu, M. R. (2018). "Generalized Cross Entropy Loss for Training Deep Neural Networks with Noisy Labels." *CoRR*, abs/1805.07836. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1805.07836>

# MODELO PARA UTILIZAÇÃO DE FINGERPRINTS DE SISTEMAS OPERACIONAIS (SO) PARA IDENTIFICAR E RESPONDER A CONEXÕES NÃO AUTORIZADAS DE DISPOSITIVOS IOT NA AUSÊNCIA DE CONTROLE DE ADMISSÃO À REDE (NAC)

Atila Batista Bandeira, Clóvis Neumann, Daniel Alves da Silva, Georges Daniel Amvame Nze, André Luiz Marques Serrano e Fábio Lúcio Lopes de Mendonça

*Pós-graduação Profissional em Engenharia Elétrica – PPEE – Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil, Zip Code 70910-900*

## RESUMO

A proliferação de dispositivos da Internet das Coisas (IoT) apresenta desafios significativos para a segurança da rede. Detectar e responder a conexões não autorizadas para esses dispositivos é fundamental para manter a integridade e a segurança das redes, principalmente em situações em que o controle de admissão de rede (NAC) ainda não foi implementado. Este artigo propõe um modelo que utiliza *fingerprints* de sistema operacional (SO) para identificar dispositivos IoT não autorizados em uma rede e bloqueá-los. O modelo incorpora um conjunto abrangente de testes para avaliar a eficácia da abordagem proposta na resposta a diferentes cenários adversários. Os resultados demonstram a capacidade do modelo de identificar dispositivos não autorizados e abrir caminho para uma resposta adequada, aprimorando a segurança da rede mesmo na ausência de NAC, ou enquanto essa tecnologia de proteção não for passível de implantação.

## PALAVRAS-CHAVE

IoT, Internet das Coisas, *Fingerprints* de SO, Admissão de Rede, Dispositivos Não Autorizados

## 1. INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT) tem se consolidado como uma realidade cada vez mais presente em nossa sociedade, possibilitando a conexão de uma vasta gama de dispositivos inteligentes e conectados à internet. Esses dispositivos têm sido amplamente adotados em diversos setores, como saúde, transporte, automação residencial, agricultura e indústria, proporcionando benefícios significativos em termos de eficiência operacional, comodidade e automação (A. Zanella et al., 2014). No entanto, essa crescente conectividade também apresenta desafios significativos para a segurança das redes (Da Rocha et al., 2021).

A segurança de redes heterogêneas, constituídas também de dispositivos IoT é uma preocupação fundamental, uma vez que, dispositivos não autorizados que forem conectados diretamente, podem tornar essas redes vulneráveis a ataques cibernéticos e comprometer a privacidade dos usuários, a integridade dos dados e até mesmo a segurança física dos ambientes.

Dispositivos IoT não autorizados podem representar uma séria ameaça à segurança das redes. Esses dispositivos podem exibir comportamentos suspeitos, possuir endereços MAC desconhecidos e impressões digitais de sistemas operacionais (SO) não reconhecidas. Eles podem ser utilizados por atacantes para explorar vulnerabilidades na rede, lançar ataques de negação de serviço (DoS), viabilizar conexões remotas, espionar dados sensíveis ou participar de botnets para atividades maliciosas em larga escala (Pooja Kumari et al., 2023). Portanto, é imperativo implantar mecanismos eficazes para identificar e responder a esses dispositivos não autorizados.

Embora o Controle de Admissão de Rede (NAC) seja uma solução comum para controlar o acesso de dispositivos, sua implementação pode ser complexa e demorada, especialmente em ambientes com muitos dispositivos em operação. Além disso, nem sempre é viável ou prático implementar o NAC em todas as redes existentes, uma vez que nem todos os equipamentos de rede são compatíveis com essa tecnologia, como alguns

tipos de Switches. Diante desse cenário, novas abordagens são necessárias para detectar e responder a dispositivos não autorizados em redes sem o NAC ou em que esta tecnologia encontra-se em processo de implantação.

Um dos principais desafios que empresas, em especial algumas Instituições Financeiras (IF) brasileiras tem enfrentado é a tentativa de acesso não autorizado em suas redes de comunicação por meio de dispositivos conectados fisicamente aos pontos de rede interna de suas agências e Terminais de Autoatendimento (TAA/ATM), visando espionagem, roubo de credenciais e consecução de ataques e fraudes.

A Figura 1, mostra um esquema básico desse tipo de ataque, de acordo com os relatos de tentativas de algumas IF:

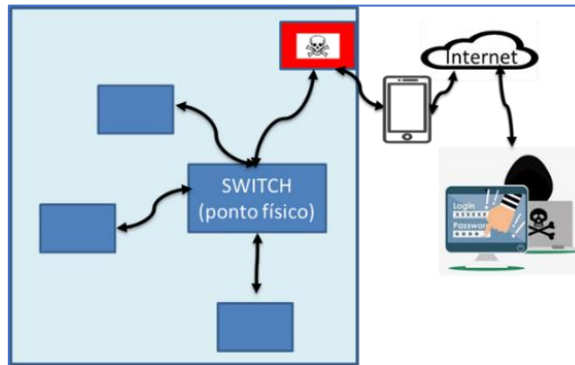


Figura 1. Representação do modelo de ataque

Uma Instituição Financeira brasileira cedeu imagens reais de um ataque apresentando alguns desses dispositivos conectados fisicamente a um ponto de rede de comunicação local, conforme Figura 2.

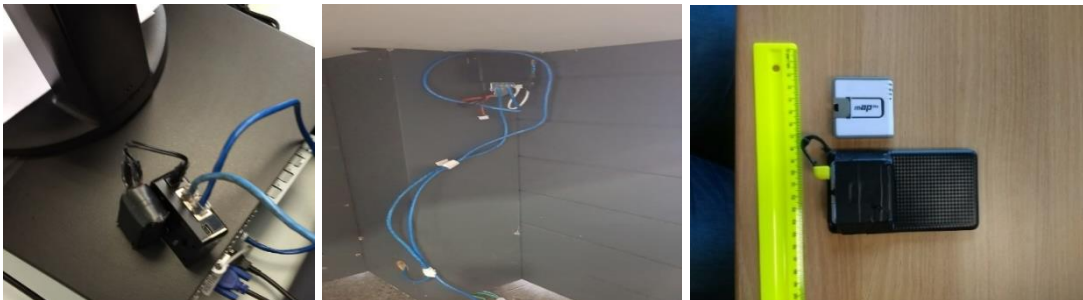


Figura 2. Dispositivos utilizados pelos atacantes para conexão não autorizada

Nesse contexto, este artigo propõe um modelo alternativo para detectar e responder a conexões não autorizadas de dispositivos IoT na ausência do NAC. O modelo utiliza técnicas combinadas de detecção e identificação de dispositivos não autorizados, incluindo *fingerprints* de sistemas operacionais e técnicas ativas e passivas de identificação (Albanese et al., 2015).

O modelo proposto neste artigo busca combinar, ao mesmo tempo, as técnicas passivas e ativas para detectar e responder a dispositivos não autorizados. A combinação dessas abordagens permite uma detecção mais precisa, adaptável e eficiente, garantindo a segurança das redes.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

A detecção e resposta a conexões não autorizadas de dispositivos têm sido amplamente exploradas em diversas pesquisas. Um estudo realizado por Albanese et al. (2015) propôs uma abordagem baseada em assinaturas para a detecção de dispositivos não autorizados. O método consiste em criar uma lista de assinaturas conhecidas de dispositivos legítimos e comparar essas assinaturas com os dispositivos presentes na rede. Embora essa abordagem tenha se mostrado eficaz em detectar dispositivos não autorizados, ela enfrenta limitações de escalabilidade devido à necessidade de atualizar constantemente as assinaturas à medida que novos dispositivos são introduzidos no mercado.

Outros pesquisadores, como Diro A. (2021) e De Caldas Filho et al. (2022) exploraram técnicas de aprendizado de máquina para a detecção de dispositivos. Eles aplicaram algoritmos de agrupamento para identificar padrões anormais de comportamento na rede que podem indicar a presença de dispositivos não autorizados. No entanto, essa abordagem requer grandes conjuntos de dados de treinamento e pode enfrentar desafios na lida com a variedade de dispositivos e suas características distintas.

No contexto específico da detecção de dispositivos IoT com base em *fingerprint* de sistemas operacionais, existem estudos que exploram tanto técnicas passivas quanto ativas de impressão digital. Ferramentas como o POF (Rumble, 2019) têm sido amplamente utilizadas para identificar o sistema operacional de dispositivos com base em seus comportamentos de rede. O POF analisa padrões nos pacotes de dados, como o comportamento da pilha TCP/IP, para determinar o sistema operacional provável do dispositivo. Além disso, o NMAP (Lyon, 2009), é outra ferramenta que continua sendo comumente empregada para realizar sondagens em dispositivos IoT não autorizados, examinando portas abertas, comportamento da pilha TCP/IP e outras características de rede (Lyon, 2009).

Outra abordagem interessante foi apresentada por M.Bagaa et al. (2020), que utilizaram técnicas de análise comportamental e de aprendizado de máquina para detectar dispositivos não autorizados. Eles desenvolveram um modelo que monitora o comportamento de dispositivos IoT em tempo real, identificando desvios em relação ao comportamento esperado e acionando alarmes em caso de atividades suspeitas.

Além disso, X. Yang *et al.* (2022) propuseram uma estrutura baseada em blockchain para verificar a identidade dos dispositivos IoT e garantir sua autenticidade. Essa tecnologia fornece um registro imutável e distribuído, aumentando a confiança e a segurança da rede (X. Yang et al. 2022).

Esses trabalhos fornecem uma visão abrangente das abordagens existentes para a detecção de dispositivos não autorizados em redes IoT. No entanto, muitos desses métodos enfrentam desafios, como a necessidade de atualizações constantes de assinaturas ou conjuntos de dados de treinamento extensos e, principalmente tempo de implementação. O modelo proposto neste artigo busca superar essas limitações, utilizando *fingerprints* de sistemas operacionais e técnicas passivas e ativas de detecção para uma abordagem mais eficiente, flexível e rápida, adaptada tanto a redes simples quanto às mais complexas e com baixo custo e curto tempo de implementação.

Um dos desafios foi estabelecer um modelo que não dependa totalmente da atualização de assinaturas externas, para isso, o modelo propõe também uma base de assinaturas internas, ou seja, de padrões de dispositivos conhecidos na rede.

### 3. PROPOSTA E MODELO DE ARQUITETURA

O modelo proposto combina técnicas de detecção e identificação, por meio de *fingerprints* de sistemas operacionais e técnicas de detecção ativa e passiva de dispositivos.

Os *fingerprints* de sistemas operacionais (OS *fingerprints*) são características únicas que podem ser utilizadas para identificar o sistema operacional de um dispositivo conectado à rede. A análise dessas impressões digitais pode fornecer informações valiosas para identificar dispositivos não autorizados na rede (H. Jafari et al. 2018).

Existem diversas ferramentas e técnicas disponíveis para a obtenção e análise de *fingerprints* de sistemas operacionais. O POF (Rumble, 2019) é uma ferramenta amplamente utilizada que utiliza técnicas passivas de análise de pacotes para identificar o sistema operacional de dispositivos na rede. Por meio da análise de características como comportamento da pilha TCP/IP, tamanho de pacotes e outros parâmetros, o POF pode determinar o sistema operacional provável de um dispositivo bem como diversas versões do mesmo sistema operacional.

Além disso, abordagens ativas também podem ser utilizadas para a obtenção de impressões digitais de sistemas operacionais. O NMAP (Lyon, 2009) é uma ferramenta popular que realiza sondagens em dispositivos para obter informações sobre suas características e identificar o sistema operacional. O NMAP envia pacotes específicos para o dispositivo-alvo e analisa as respostas recebidas para determinar o sistema operacional e outras informações relevantes.

#### 3.1 Modelo de Arquitetura Proposto

A arquitetura combina *fingerprints* de sistemas operacionais e técnicas passiva e ativa para uma detecção mais precisa e adaptável de dispositivos não autorizados em redes sem a implementação do NAC. Essa abordagem permite a identificação precoce de dispositivos não autorizados.

A detecção e resposta a dispositivos não autorizados exige uma compreensão detalhada das características dos dados coletados.

### 3.2 Dados de Tráfego de Rede

Os dados de tráfego de rede contêm informações sobre a comunicação entre os dispositivos e a infraestrutura de rede. Esses dados podem ser coletados em diferentes pontos da rede, como switches, roteadores ou sensores de rede distribuídos.

Além disso, é importante considerar a diversidade de dispositivos presentes na rede. Esses dispositivos podem ter diferentes protocolos de comunicação, taxas de transmissão, padrões de tráfego e requisitos de largura de banda. Portanto, é necessário realizar uma análise abrangente e adaptável dos dados de tráfego, levando em consideração as características específicas de cada tipo de dispositivo (X. Yang et al., 2022).

Outra característica relevante é a velocidade dos dados. Em redes IoT, a comunicação entre os dispositivos pode ocorrer em tempo real, exigindo uma análise rápida e eficiente dos dados de tráfego.

### 3.3 Dados de Comportamento dos Dispositivos

Os dados de comportamento dos dispositivos fornecem informações cruciais para a detecção de dispositivos não autorizados. Esses dados podem incluir informações sobre padrões de comunicação, tempos de resposta, volumes de dados transmitidos e outros indicadores de comportamento.

É essencial estabelecer um perfil de comportamento normal para cada dispositivo IoT na rede. Esse perfil é baseado nas atividades regulares do dispositivo, como horários de comunicação, protocolos de rede utilizados e volumes de dados transmitidos. Qualquer desvio significativo desse perfil pode indicar a presença de um dispositivo não autorizado (Diro et al., 2021).

Além disso, a detecção de anomalias é uma característica fundamental dos dados de comportamento. A detecção de anomalias pode ser realizada por meio de técnicas de aprendizado de máquina, que identificam padrões incomuns nos dados de comportamento e sinalizam possíveis dispositivos não autorizados (Antonakakis et al., 2017). Neste sentido, podem ser considerados equipamentos fora do padrão utilizado pela rede, MAC *address* que não corresponde ao equipamento, como um MAC *Address* para DVR que no *fingerprint* responde como windows, MAC que se relaciona da rede mas não responde a comandos esperados, como um DVR que deveria ter um *webserver* e não tem.

Outra característica importante é a contextualização dos dados de comportamento. É essencial considerar o contexto em que os dispositivos operam, como o ambiente físico, a finalidade do dispositivo e as interações com outros dispositivos (De Caldas Filho et al., 2022).

Para a verificação do modelo proposto, considerou-se que, numa rede sem NAC, um dispositivo havia sido fisicamente conectado pelo atacante, utilizando a técnica descrita.

## 4. TESTES E RESULTADOS

Um aspecto fundamental na construção de um sistema de detecção e resposta eficaz contra dispositivos não autorizados é compreender as estratégias e táticas empregadas pelos adversários cibernéticos. Como premissa para o teste, foi utilizado um modelo do adversário com base na sub-técnica T1200 do Mitre ATT&CK Framework (Tabela 1), que aborda o comportamento de "Contornar Defesas" especificamente na área de "*Hardware Additions*" (Mittre, 2021). Essa tática permite que os adversários ganhem acesso não autorizado à rede e executem atividades maliciosas sem serem detectados.

Ao adicionar hardware não autorizado ou modificar dispositivos existentes, os adversários podem evitar a detecção e obter acesso não autorizado à rede.

Tabela 1. Subtécnica T1200 Mitre

ID	Nome	Descrição da técnica
<a href="#">G0105</a>	<a href="#">DarkVishnya</a>	<a href="#">DarkVishnya</a> , <i>Raspberry Pi</i> , <i>netbooks</i> ou <i>laptops</i> de baixo custo para conectar fisicamente à rede local.

Para a realização dos testes foi preparada uma infraestrutura (Figura 3) que simula uma rede corporativa simples, constituída de uma rede virtual, com servidor Dell R920 e Proxmox como *hypervisor*. Foram configuradas VMs na arquitetura amd64, na seguinte configuração: uma VM com pfSense para atuar como roteador e máquinas Windows e Linux. Para a máquina Windows foi utilizada a versão Windows 10 Pro, e para a máquina Linux foi utilizado Ubuntu 22. A máquina espúria foi simulada com uma VM com o sistema operacional RouterOS. Para essa máquina foi definido um endereço MAC cujo identificador é comumente utilizado por equipamentos de rede. Uma máquina com a distribuição Kali Linux foi incluída na rede para receber todo o tráfego de rede e executar as ferramentas de teste.

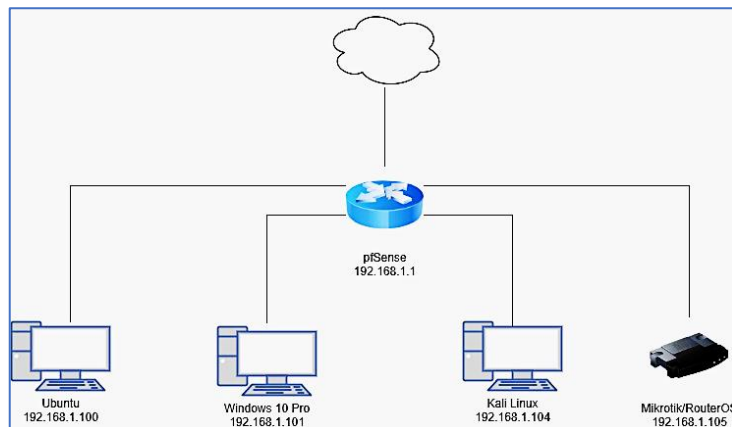


Figura 3. Infraestrutura para o teste

Um dos objetivos do teste foi avaliar a capacidade do modelo em identificar e responder a um dispositivo não autorizado conectado à rede. Comandos foram emitidos para o dispositivo não autorizado, e sua resposta foi monitorada e avaliada por meio da realização de experimento e execução de protótipo, cujo algoritmo específico encontra-se sintetizado na arquitetura modelo, a seguir (Figura 4):

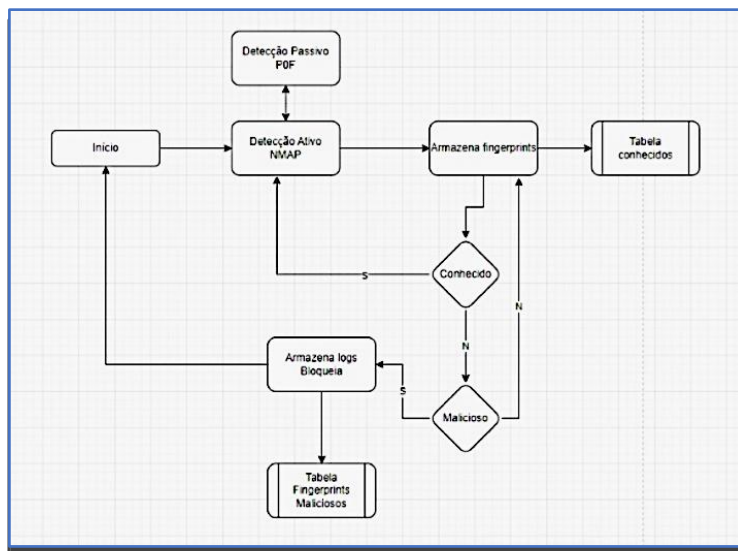


Figura 4. Proposta de modelo para detecção e resposta a dispositivos IoT não autorizados

O dispositivo não autorizado deve ser detectado com base em suas características e comportamento. Assim que o dispositivo é detectado, devem ser tomadas medidas adequadas, como isolar o dispositivo da rede ou bloquear seu acesso, para evitar potenciais riscos de segurança.

Em alguns casos, o modelo deverá lidar com dispositivos não autorizados que utilizam técnicas de bloqueio de firewall para evitar sua detecção. Para esse caso é fundamental a detecção passiva, ou seja, o equipamento



espúrio precisa utilizar a rede para se comunicar, assim a detecção passiva é capaz de capturar esses pacotes de rede e determinar qual tipo de equipamento.

O modelo também foi testado com sucesso em um ambiente controlado de uma instituição financeira. Embora os dados reais não tenham sido disponibilizados por questões de segurança e identificação de padrões da rede analisada. Mesmo assim, cabe ressaltar que foi possível notar a eficácia desse modelo na detecção de dispositivos não autorizados, posteriormente adotado em conjunto com outras técnicas em cenário real.

Os resultados dos testes realizados forneceram informações valiosas sobre a eficácia do modelo proposto na detecção e resposta a dispositivos não autorizados.

O modelo demonstrou sua capacidade de identificar prontamente o dispositivo IoT não autorizado e permitir iniciar ações apropriadas, como isolamento ou bloqueio.

No teste, foram utilizadas as técnicas de detecção passiva utilizando POF e detecção ativa utilizando NMAP para identificar dispositivos não autorizados na rede. Além disso, foram coletadas impressões digitais dos sistemas operacionais (SO) dos dispositivos detectados (Figura 5).

Analisando o log fornecido do teste do NMAP e do POF foi possível extrair as seguintes informações:

```
[2023/06/02 14:33:45] mod=syn|cli=192.168.1.101/54269|srv=20.230.26.130/443|subj=cli|os=Wi
[2023/06/02 14:33:45] mod=mtu|cli=192.168.1.101/54269|srv=20.230.26.130/443|subj=cli|link=
[2023/06/02 14:33:45] mod=syn+ack|cli=192.168.1.101/54269|srv=20.230.26.130/443|subj=svr|o
[2023/06/02 14:33:45] mod=mtu|cli=192.168.1.101/54269|srv=20.230.26.130/443|subj=svr|link=
[2023/06/02 14:35:01] mod=syn|cli=192.168.1.105/44132|srv=159.148.147.204/80|subj=cli|os=L
[2023/06/02 14:35:01] mod=mtu|cli=192.168.1.105/44132|srv=159.148.147.204/80|subj=cli|link=
[2023/06/02 14:35:01] mod=syn+ack|cli=192.168.1.105/44132|srv=159.148.147.204/80|subj=svr|
[2023/06/02 14:35:01] mod=mtu|cli=192.168.1.105/44132|srv=159.148.147.204/80|subj=svr|link=
[2023/06/02 14:35:01] mod=uptime|cli=192.168.1.105/44132|srv=159.148.147.204/80|subj=cli|u
[2023/06/02 14:35:01] mod=http request|cli=192.168.1.105/44132|srv=159.148.147.204/80|subj
Charset, Keep-Alive RouterOS 7.9.2
[2023/06/02 14:35:01] mod=uptime|cli=192.168.1.105/44132|srv=159.148.147.204/80|subj=svr|u
[2023/06/02 14:35:01] mod=http response|cli=192.168.1.105/44132|srv=159.148.147.204/80|sub
ETag, Server, Access-Control-Allow-Origin=[*], Accept-Ranges=[bytes]:Keep-Alive:ThirdWorldFil
[2023/06/02 14:35:22] mod=syn|cli=192.168.1.100/33506|srv=34.149.100.209/443|subj=cli|os=L
[2023/06/02 14:35:22] mod=host change|cli=192.168.1.100/33506|srv=34.149.100.209/443|subj=
[2023/06/02 14:35:22] mod=mtu|cli=192.168.1.100/33506|srv=34.149.100.209/443|subj=cli|link=
[2023/06/02 14:35:22] mod=syn+ack|cli=192.168.1.100/33506|srv=34.149.100.209/443|subj=svr|
[2023/06/02 14:35:22] mod=mtu|cli=192.168.1.100/33506|srv=34.149.100.209/443|subj=svr|link=
[2023/06/02 14:36:40] mod=syn|cli=192.168.1.100/46300|srv=35.224.170.84/80|subj=cli|os=Lin
[2023/06/02 14:36:40] mod=mtu|cli=192.168.1.100/46300|srv=35.224.170.84/80|subj=cli|link=E
[2023/06/02 14:36:40] mod=syn+ack|cli=192.168.1.100/46300|srv=35.224.170.84/80|subj=svr|os
[2023/06/02 14:36:40] mod=mtu|cli=192.168.1.100/46300|srv=35.224.170.84/80|subj=svr|link=?
```

Figura 5. Exemplo de detecção por meio das informações extraídas

O escaneamento foi realizado usando o Nmap versão 7.93.

O alvo do escaneamento foi o intervalo de endereços IP de 192.168.1.1/24, ou seja, todos os hosts na faixa de IP de 192.168.1.1 a 192.168.1.254.

O host 192.168.1.105 foi relatado como "up" e apresentou os seguintes serviços e portas abertas:

- Porta 21/tcp: Aberta, serviço identificado como "ftp" (MikroTik router ftpd 7.9.2).
- Porta 22/tcp: Aberta, serviço identificado como "ssh" (MikroTik RouterOS sshd).
- Porta 23/tcp: Aberta, serviço identificado como "telnet" (Linux telnetd).
- Porta 80/tcp: Aberta, serviço identificado como "http".
- Uma das respostas HTTP indica um servidor MikroTik rodando RouterOS.

Foi observado que um serviço não foi reconhecido, apesar de retornar dados. Uma impressão digital desse serviço foi fornecida para envio de feedback. O host 192.168.1.105 também é acessível e apresenta serviços como FTP (porta 21), SSH (porta 22), Telnet (porta 23), servidor web HTTP (porta 80), teste de largura de banda (porta 2000) e um serviço desconhecido (porta 8291), diferente do padrão esperado para os demais dispositivos presentes na rede.

Tabela 2. Resultados filtrados do POF

HOST	DETECTADO	OS	RAW_SIG
192.168.1.100	Linux 2.2.x-3.x	Ubuntu	4:64+0:0:1460:mss*44,7:mss,sok,ts,nop,ws:df,id+:0
192.168.1.101	Windows NT kernel	Windows 10	4:128+0:0:1460:mss*44,8:mss,nop,ws,nop,nop,sok:df,id+:0
192.168.1.101	Windows NT kernel 5.x	Windows 10	4:128+0:0:1460:65535,8:mss,nop,ws,nop,nop,sok:df,id+:0
192.168.1.101	Windows 7 or 8	Windows 10	4:108+20:0:1286:8192,8:mss,nop,ws,nop,nop,sok:df,id+:0
192.168.1.104	Linux 2.2.x-3.x	Kali	4:64+0:0:1460:mss*44,7:mss,sok,ts,nop,ws:df,id+:0
192.168.1.104	Linux 2.2.x-3.x	Kali	4:64+0:0:1460:mss*44,7:mss,sok,ts,nop,ws:df:0
192.168.1.105	Linux 2.2.x-3.x	RouterOS	4:64+0:0:1460:mss*44,7:mss,sok,ts,nop,ws:df,id+:0

Os resultados da detecção passiva mostram que o POF revelou algumas informações sobre os dispositivos, identificando apenas se o dispositivo utiliza sistema operacional Windows ou Linux, e em alguns casos reportando mais de uma possibilidade diferente para o mesmo host. Analisando as requisições DHCP, foi possível identificar o *hostname* padrão do dispositivo espúrio (MikroTik), e uma consulta do endereço MAC desse host revelou que o fabricante seria Routerboard.com.

Já o NMAP conseguiu identificar hosts com portas abertas, e no caso do dispositivo não autorizado, conseguiu identificar corretamente o modelo e sistema operacional. Os resultados consolidados de detecção do NMAP e POF estão na tabela 3:

Tabela 3. Resumo dos resultados consolidados de detecção ativa e passiva

Host	Sistema detectado	POF	NMAP	Hostname detectado
192.168.1.100	Ubuntu / Linux 2.2.x-3.x	Sim	Sim	user-Standard-PC- i440FX-PIIX-1996
192.168.1.101	Windows 10 Pro Windows NT kernel Windows NT kernel 5.x Windows 7 or 8	Sim	Sim	user-Standard-PC- i440FX-PIIX-1996
192.168.1.104	Kali Linux	Sim	Sim	gepro
<b>192.168.1.105</b>	<b>RouterOS</b>	<b>Não</b>	<b>Sim</b>	<b>MikroTik</b>

Vale ressaltar que as informações detectadas podem ser alteradas por um atacante, evidenciando a necessidade de somar mais fontes de informações, como banners e identificadores em comunicações não criptografadas, informações do dispositivo no domínio (em redes Windows), algoritmos criptográficos aceitos, entre outras.

No caso do POF, a versão mais recente da ferramenta é a 3.09b, lançada em 2016. A falta de atualizações da base de assinaturas pode ter contribuído para a dificuldade de a ferramenta realizar uma identificação assertiva do sistema operacional do dispositivo. Uma forma que poderia contornar essa limitação seria converter a base de dados de assinaturas do NMAP, que recebe atualizações constantes para o padrão do POF, de modo a permitir detecção mais precisa de *fingerprints* de dispositivos, mesmo na abordagem passiva. Esse pode, inclusive, ser um tema para trabalhos futuros.

Superadas as limitações encontradas, a criação e armazenamento de padrões de SO, permite visualizar instantaneamente dispositivos fora do perfil da rede, permitindo a criação de scripts de bloqueio automático.

## 5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O modelo proposto, que aproveita as impressões digitais dos sistemas operacionais, oferece uma abordagem promissora para detectar e responder a conexões não autorizadas de dispositivos de IoT na ausência do controle de admissão de rede, em especial pelo seu custo benefício e necessidade de se ter uma resposta efetiva, mesmo sem o NAC. Ao utilizar técnicas passivas e ativas de impressão digital do sistema operacional, o modelo demonstra sua capacidade de identificar dispositivos não autorizados e permitir ações apropriadas para manter a segurança da rede.

Os testes realizados demonstram a eficácia do modelo na detecção de dispositivos não autorizados em diferentes cenários. Embora o POF não tenha sido capaz de detectar todos os *fingerprints*, o modelo mostrou-se interessante para os casos de necessidade emergencial na detecção desse tipo de ataque.

Devido à dinâmica dos dispositivos informáticos, as bases de assinaturas devem possuir atualização constante. Para aumentar a precisão da detecção, várias fontes de dados podem ser obtidas e correlacionadas. As bases de assinaturas do NMAP se mostraram mais assertivas, enquanto o POF teve maior dificuldade de determinar o sistema operacional do dispositivo. No entanto, por comparar as assinaturas esperadas na rede interna com assinaturas desconhecidas ou inexistentes, a inserção de um dispositivo diferente do esperado pode ser prontamente sinalizada. E esta é uma importante vantagem do modelo: manter uma base de assinaturas dos dispositivos autorizados internos permite uma comparação rápida de dispositivos espúrios.

As direções futuras incluem aprimoramento dos recursos de aprendizado de máquina do modelo para melhorar a precisão da detecção.

Não obstante o modelo proposto ter sido testado com sucesso também na infraestrutura de uma empresa de grande porte do ramo financeiro (onde capturou as tentativas de conexão espúria em ambiente real), dadas as limitações das ferramentas utilizadas, como o P0F, por exemplo, uma evolução interessante do modelo em trabalhos futuros seria a utilização de outras características a serem capturadas por outras ferramentas complementares, sendo agrupadas para formarem um score de risco de dispositivo, de forma a não dependerem somente de assinaturas ou *fingerprints*.

## AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem ao apoio técnico e computacional do LATITUDE, da UnB, que conta com apoio do CNPq - (Outorgas 312180/2019-5 PQ-2 e 465741/2014-2 INCT em Cibersegurança), ao Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica, na área de concentração: Segurança Cibernética – 1ª Turma para Profissionais do Setor de Inteligência (Outorga ABIN 01/2019) ao DPI da UnB (Outorga 7129 e do Projeto SISTER City (Outorga 625/2022) e a FAP/DF. A validação deste trabalho foi assegurada por uma Instituição Financeira brasileira, que permitiu testes em laboratório, espelhando parte de sua infraestrutura para coleta e análise dos dados e imagens reais de ataques, apresentados neste artigo.

## REFERÊNCIAS

- Albanese, Massimiliano, Battista, Ermanno & Jajodia, Sushil. (2015). *A deception based approach for defeating OS and service fingerprinting*. 317-325. 10.1109/CNS.2015.7346842.
- Antonakakis, M., April, T., Bailey, M., Bernhard, M., Bursztein, E., Cochran, J., Durumeric, Z., Halderman, J. A., Invernizzi, L., Kallitsis, M., Lever, C., Ma, M., Mason, J., Menscher, D., Seaman, C., Sullivan, N., Thomas, K., Vandersloot, B., & Zhou, Y. (2017). Understanding the Mirai Botnet. In: *Proceedings of the 26th USENIX Security Symposium*.
- Bagaa, M., Taleb, T., Bernabe, J. B., & Skarmeta, A. (2020). A Machine Learning Security Framework for Iot Systems. In *IEEE Access*, vol. 8, pp. 114066-114077. Doi: 10.1109/ACCESS.2020.2996214.
- Da Rocha, Bruno Carneiro; De Melo, Laerte Peotta; Rafael Timóteo de Sousa Jr (2021). Preventing APT attacks on LAN networks with connected IoT devices using a zero-trust based security model, In: *2021 Workshop on Communication Networks and Power Systems (WCNPS)*, Brasília.
- Diro, A., Chilamkurti, N., Nguyen, V.-D., Heyne, W. (2021). *A Comprehensive Study of Anomaly Detection Schemes in IoT Networks Using Machine Learning Algorithms*. *Sensors* 2021, 21, 8320. <https://doi.org/10.3390/s21248320>
- Jafari, H., Omotere, O., Adesina, D., Wu, H.-H., & Qian, L. (2018). IoT Devices Fingerprinting Using Deep Learning. *MILCOM 2018 - 2018 IEEE Military Communications Conference (MILCOM)*, Los Angeles, CA, USA, 2018, pp. 1-9, doi: 10.1109/MILCOM.2018.8599826.
- Lyon, G. (2009). *Nmap network scanning: The official Nmap project guide to network discovery and security scanning*. Insecure.com LLC.
- Mitre. (2021). *MITRE ATT&CK Framework*. Recuperado de <https://attack.mitre.org/>.
- Mitre. (2021). *T1200 - Defense Evasion*. Recuperado de <https://attack.mitre.org/techniques/T1200/>.
- Pooja Kumari, Ankit Kumar Jain (2023). A comprehensive study of DDoS attacks over IoT network and their countermeasures. *Computers & Security*, Volume 127, 2023, 103096, ISSN 0167-4048, <https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103096>.
- Rumble, R. (2019). *p0f - Passive OS Fingerprinting*. Recuperado de <http://lcamtuf.coredump.cx/p0f.shtml>.
- Samuel Carlos Meneses Soares, De Caldas Filho, Francisco L., Maria Flávia Soares, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça, Edna Dias Canedo, Rafael Timóteo de Sousa Jr (2022). Arquitetura de detecção de intrusão por anomalias com federated learning em redes IoT, In: *Conferências IADIS Ibero-Americanas Computação Aplicada e WWW/Internet 2022*, Lisbon.
- X. Yang et al. (2022). Blockchain-Based Secure and Lightweight Authentication for Internet of Things. In: *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 9, no. 5, pp. 3321-3332, 1 March 1. Doi: 10.1109/JIOT.2021.3098007.
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of Things for Smart Cities. In: *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 22-32, Feb. Doi: 10.1109/JIOT.2014.2306328.

# PREVENÇÃO DE FALSIFICAÇÃO EM SISTEMAS DE RECONHECIMENTO FACIAL: UMA PROPOSTA BASEADA EM CLUSTERIZAÇÃO

Caio César Rodrigues Garcez, Gilmar dos Santos Marques, Edna Dias Canedo, Bruno Garcia Praciano, Francisco Lopes de Caldas Filho e Fábio Lúcio Lopes de Mendonça  
*Pós-graduação Profissional em Engenharia Elétrica – PPEE – Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil, Zip Code 70910-900*

## RESUMO

Embora o desempenho de Sistemas de Reconhecimento Facial (SRF) na identificação de usuários seja atualmente satisfatório, no que se refere às aplicações de controle de acesso, o aumento do uso de biometria falsa representa uma ameaça significativa à confiabilidade e segurança desses sistemas biométricos. Garantir a autenticidade dos usuários e desenvolver técnicas robustas de detecção de autenticidade, do inglês *liveness detection*, são aspectos cruciais para aprimorar a resistência contra tentativas de falsificação, do inglês *spoofing*, garantindo, assim, a eficácia contínua desses sistemas. O desafio de diferenciar uma biometria autêntica de uma biométrica falsa tem se tornado objeto de pesquisa e desenvolvimento. Este artigo propõe como mecanismo de prevenção de falsificação em sistemas de reconhecimento facial a aplicação de técnicas de incorporação, do inglês *embeddings*, seguidas de formas de agrupamento conforme o algoritmo t-distributed Stochastic Neighbor Embedding (t-SNE) para formação clusters a partir dessas incorporações. Ao contrário de outras técnicas de redução de dimensionalidade, o t-SNE mantém a estrutura local e global dos dados, tornando-o ideal para interpretar a distribuição complexa de imagens faciais. Nossa abordagem vai além da simples identificação de faces, estendendo-se à compreensão de toda a imagem, capturando assim as sutilezas e discrepâncias ambientais potencialmente associadas a tentativas de falsificação. Nossos resultados experimentais revelam que a combinação de incorporações de imagens e clusterização com t-SNE melhora significativamente a detecção de ataques de falsificação em sistemas de reconhecimento facial, representando um passo substancial no combate às tentativas de falsificação.

## PALAVRAS-CHAVE

Sistemas de Reconhecimento Facial, Detecção de Autenticidade, Técnicas de Clusterização

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de Sistemas de Reconhecimento Facial (SRF) tem sobressaído em relação a outros sistemas biométricos, como o reconhecimento de voz e a identificação por impressões digitais, principalmente devido às suas vantagens, que incluem a ausência de contato e o fato de não ser intrusivo. A tecnologia de Reconhecimento Facial (RF) tem apresentado progresso significativo nos últimos anos, sendo amplamente utilizada como uma etapa adicional nos processos de identificação em aplicações voltadas à segurança e vigilância.

A biometria baseada em SRF se tornou um foco significativo de pesquisa e desenvolvimento. Neste cenário, a ocorrência de tentativas de falsificação, do inglês *spoofing*, nas quais um indivíduo se disfarça como outra pessoa para obter acesso a um sistema, apresentam um desafio considerável à integridade desses sistemas e aos processos de autenticação (Dawson et al., 2015).

Nesse contexto, o presente trabalho propõe um mecanismo de prevenção a falsificações em SRF, utilizando técnicas de incorporação, do inglês *embeddings*, em conjunto com a estratégia de agrupamento conforme o algoritmo t-distributed Stochastic Neighbor Embedding (t-SNE) (Van Der Maaten et al., 2008) para formar clusters a partir dessas incorporações. Distintamente de outras técnicas de redução de dimensionalidade, o t-SNE preserva a estrutura local e global dos dados, tornando-se ideal para decifrar a distribuição complexa de imagens faciais. A abordagem apresentada vai além da simples identificação de faces, ampliando-se para a análise integral da imagem, capturando desta forma as nuances e as discrepâncias ambientais potencialmente

associadas às tentativas de falsificação. Os resultados experimentais apontam que a combinação das incorporações de imagens com a clusterização via t-SNE otimiza significativamente a detecção de ataques de falsificação em sistemas de reconhecimento facial. Este avanço representa um progresso substancial no combate a práticas de falsificação.

Este artigo é estruturado em cinco seções principais. A primeira delas, a Introdução, oferece uma contextualização sucinta da contribuição proposta por este trabalho. A seção subsequente, o Referencial Teórico e Trabalhos Correlatos, introduz as técnicas de reconhecimento facial baseadas em incorporações e técnicas de clusterização. Na terceira parte, discutimos a proposta deste trabalho e os passos adotados para a obtenção da quarta seção, a qual aborda os Resultados. Essa seção destaca as vantagens do uso da nossa proposta em comparação com técnicas convencionais de reconhecimento facial. Finalmente, o artigo se encerra com a seção de Conclusão, onde é feito um resumo do estudo, apresentando as conclusões obtidas a partir dos resultados, e se explora possíveis caminhos para pesquisas futuras.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO E TRABALHOS RELACIONADOS

### 2.1 Sistemas de Reconhecimento Facial (SRF)

Métodos de Reconhecimento Facial (RF) baseados em aprendizado de máquina englobam uma diversidade de técnicas voltadas à identificação, classificação e reconhecimento de rostos em imagens. Abordagens comumente empregadas na literatura incluem a Análise de Componentes Principais (PCA, do inglês Principle Component Analysis – ABDULRAHMAN) (Muzammil et al., 2015), Máquinas de Vetores de Suporte (SVM, do inglês Support Vector Machines) (Noble, 2006), Análise Discriminante Linear (LDA, do inglês Linear Discriminant Analysis) (Xanthopoulos et al., 2013), Redes Neurais Convolucionais (CNNs, do inglês Convolutional Neural Networks) (O'Shea et al., 2015) e Redes Neurais Convolucionais Multitarefa (MTCNN, do inglês Multi-task Cascaded Convolutional Networks) (Li et al., 2020). Para uma revisão literária detalhada de cada abordagem, a referência (Aria et al., 2020) é recomendada ao leitor. Esta seção irá tratar de um processo compartilhado por essas técnicas: a formação de incorporações, do inglês *embeddings*, que são representações condensadas de imagens de rostos em um espaço de dimensões reduzidas.

No contexto de RF, *embeddings* são vetores de alta dimensão que carregam informações de uma imagem de rosto. Estes elementos são obtidos através de um processo usualmente realizado por CNNs em que os dados de uma imagem são transformados em uma representação numérica que mantém a essência dos traços faciais. Este processo inicia com a aplicação de várias camadas de convolução na imagem de entrada em que são extraídas características de baixo nível, como bordas e texturas, para em seguida progredir para características de alto nível, como formas de olhos, nariz e boca (Kazemi et al., 2014).

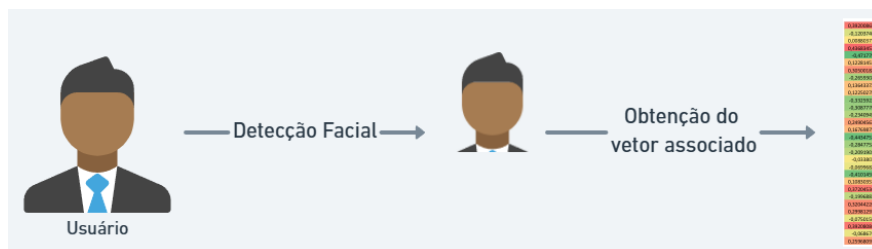


Figura 1. Processo de obtenção do vetor associado ao rosto de um usuário. Figura adaptada de (Hoàng et al., 2023)

Cada imagem de rosto é então codificada em um vetor (veja a Figura (1)), resultando no *embedding*. Esta representação serve como uma assinatura única de um rosto. A dimensão do vetor é reduzida quando comparada com a representação original da imagem, facilitando o processamento computacional e o armazenamento de dados. Além disso, a geometria do espaço de *embeddings* considera que rostos semelhantes resultam em vetores próximos uns dos outros, enquanto rostos diferentes resultam em vetores distantes. Isso fornece alta eficiência no processo de comparação entre rostos, facilitando a identificação e classificação em sistemas de RF.

## 2.2 Mecanismos de Clusterização

A clusterização, também conhecida como agrupamento, é um método de aprendizado de máquina não supervisionado que possibilita a segmentação de um conjunto de objetos em grupos, do inglês *clusters*. Esta abordagem visa organizar elementos com base em critérios de semelhança preestabelecidos, de tal maneira que objetos com alta similaridade sejam acomodados no mesmo cluster, enquanto objetos menos similares sejam distribuídos em clusters diferentes (Ochi et al., 2004). No contexto de RF, este conceito é aplicado ao agrupamento de *embeddings*, o que possibilita a coleção de rostos similares e conseqüentemente, permite a análise e a comparação entre rostos.

Um dos algoritmos comumente usados para visualizar e compreender a estrutura de clusters em dados de alta dimensão é o t-SNE (*t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding*) (Van Der Maaten et al., 2008). O t-SNE preserva tanto a estrutura local (a proximidade de pontos de dados semelhantes) quanto a global (a relação entre grupos de pontos de dados), tornando-o ideal para entender a distribuição complexa de *embeddings* de imagens faciais. Isso permite que pesquisadores e engenheiros visualizem a eficácia de seus algoritmos de reconhecimento facial e otimizem seu desempenho.

## 2.3 Trabalhos Relacionados

Diversos métodos têm sido propostos na literatura para a prevenção de falsificação em sistemas de reconhecimento facial. Nesta seção, daremos destaque a algumas abordagens notáveis que formam o atual estado da arte nesta área de pesquisa.

(Erdogmus et al., 2013) exploraram em detalhes a vulnerabilidade de sistemas de reconhecimento facial 2D a falsificações com máscaras faciais 3D específicas do sujeito. Além disso, esse estudo emprega contramedidas baseadas em Padrões Binários Locais, do inglês *Local Binary Patterns*, utilizando dados de cor e profundidade. Para tal propósito, foi introduzida a base de dados 3DMAD, do inglês *3D Mask Attack Database*, a primeira base de dados 3D de *spoofing* disponível ao público. Neste contexto, o trabalho se concentra especificamente em tentativas de falsificação baseadas no uso de máscaras. O trabalho proposto neste artigo leva em conta diversas tentativas de falsificação apresentadas na base de dados (Zhang et al., 2020).

(Parkin et al., 2019) introduziram uma proposta inovadora de arquitetura de rede neural para a prevenção de falsificação. Esta abordagem é fundamentada na estrutura de dados de imagens e promove a agregação de características em vários níveis de camadas de rede. No entanto, a metodologia Parkin não contempla a utilização de clusterização como etapa adicional no processo decisório relacionado à autenticidade das imagens. Neste artigo, reforçamos a relevância deste procedimento na autenticação de imagens, posicionando-o como um elemento essencial em nossa abordagem.

(Gang et al., 2007) propuseram uma técnica em tempo real para detectar a autenticidade durante o processo de reconhecimento facial, concentrando-se na identificação de piscadelas espontâneas. Esta abordagem, embora inovadora e não intrusiva, apresenta uma dependência significativa em gravações de vídeo e múltiplas capturas, em contraponto ao uso de fotografias estáticas. Este é um ponto de restrição que o presente trabalho visa abordar e superar, apresentando soluções que operam de maneira eficaz com um único quadro de imagem estática.

Dentro do extenso repertório de estratégias já existentes na literatura para combater a falsificação em reconhecimento facial, nosso estudo é voltado a aspectos ainda não abordados, principalmente no cenário de controle de acesso. Apresentamos uma metodologia que não só é mais generalista, mas também versátil, almejando elevar a robustez e a adaptabilidade dos Sistemas de Reconhecimento Facial, tornando-os mais eficazes e aplicáveis em ambientes de controle de acesso.

## 3. MÉTODO PROPOSTO

Neste trabalho, apresentamos um método voltado para a prevenção de falsificação em sistemas de reconhecimento facial, apoiado em um conjunto de dados conhecido como CelebA-Spoof (Zhang et al., 2020). Esta base de dados é reconhecida por sua extensa coleção de imagens e anotações detalhadas, específicas para

a problemática da prevenção de falsificação facial. Na Figura (2), apresentamos um exemplo de uma amostra extraída deste conjunto de dados, que utilizamos como base para desenvolver e testar a proposta deste trabalho.



Figura 2. A imagem à esquerda representa uma face autêntica da base de dados CelebA-Spoof, enquanto a imagem à direita exemplifica uma tentativa de falsificação

A abordagem proposta nesse trabalho inicia com a obtenção de um *embedding* da imagem de entrada do usuário. Para esse fim, recorremos a modelos de transformadores, como o CLIP da OpenAI (Radford et al., 2021) que tem demonstrado um desempenho notável na geração de representações vetoriais a partir de imagens. Além do CLIP, existem outras ferramentas eficientes no contexto da geração de *embeddings*, tais como o DeepFace (Taigman et al., 2014) e o FaceNet (Schroff et al., 2015).

Após a obtenção dos vetores, um banco de dados especificamente projetado para lidar com dados vetoriais é empregado. A tecnologia escolhida foi o Pinecone DB (Sahoo et al., 2023). Esta base de dados possui desempenho eficiente na gestão de dados vetoriais em larga escala, além de disponibilizar recursos para pesquisa e comparação de vetores. Este banco de dados foi escolhido em razão da sua capacidade de escalabilidade, um atributo essencial caso o objetivo seja o desenvolvimento de uma aplicação robusta e escalável a partir do método proposto neste trabalho.

Posteriormente, os vetores armazenados no banco de dados são recuperados para realizar a clusterização baseada no algoritmo t-SNE. Esse método é capaz de agrupar os vetores de maneira eficiente, preservando a estrutura dos dados e facilitando a análise das semelhanças e diferenças entre as imagens de rostos. Os clusters resultantes são associados às imagens autênticas e às falsificadas, de forma a facilitar a detecção de tentativas de *spoofing*.

Na etapa final, ao considerar a verificação de uma nova imagem, o algoritmo *k-means* (Pham et al., 2005) é empregado para determinar o cluster ao qual a imagem em avaliação mais se assemelha. Considerando a associação prévia de clusters, o emprego do algoritmo permite decidir se a nova imagem representa uma tentativa de falsificação. A Figura (3) apresenta a arquitetura do método proposto.

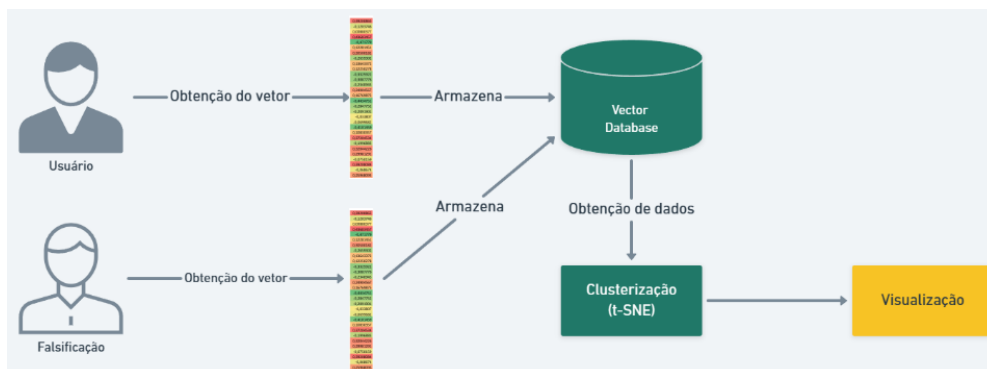


Figura 3. Arquitetura do método proposto

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Métodos Tradicionais de Reconhecimento Facial

Na presente seção, buscamos ilustrar o desempenho de nosso método de reconhecimento facial em relação às técnicas tradicionais, utilizando uma subamostra do conjunto de dados da base CelebA-Spoof (Zhang et al., 2020). Vale ressaltar que os resultados aqui apresentados focam especificamente na correta clusterização, um elemento chave para a classificação precisa de rostos, dentro deste subconjunto do dataset.

Na primeira parte do procedimento experimental, a abordagem tradicional de reconhecimento facial é simulada para posteriormente servir de comparação com o método proposto. Esta abordagem envolve a geração de *embeddings* exclusivamente a partir do recorte da região associada ao rosto contido nas imagens. Em seguida, é realizado o processo de clusterização, em que cada representação vetorial é associada a uma identidade específica. A Figura (4) apresenta os resultados simulados. As imagens autênticas (marcadas em vermelho) são agrupadas junto com as falsificações (marcadas em azul). Isto configura o desafio da distinção entre imagens autênticas e falsificações, uma vez ambas que estão contidas no mesmo agrupamento.

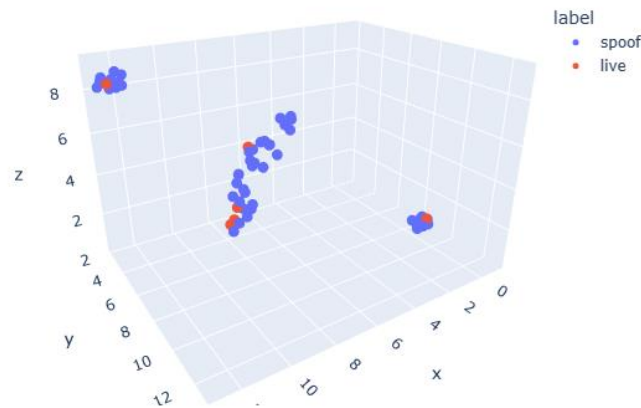


Figura 4. Resultado de clusterização conforme técnicas tradicionais de reconhecimento facial

Ao considerar a Figura (5), em que é apresentado um recorte facial empregado pelo algoritmo de reconhecimento na imagem associada a uma falsificação, observa-se a semelhança da imagem resultante a uma tentativa legítima. Sendo assim, uma representação vetorial gerada a partir de uma face legítima possivelmente não será distinta de uma falsificação. Este resultado reforça o desafio à distinção entre imagens autênticas e falsificadas, considerando que ambos os tipos são capazes de gerar representações vetoriais semelhantes e, conseqüentemente, são agrupados juntos no processo de clusterização.

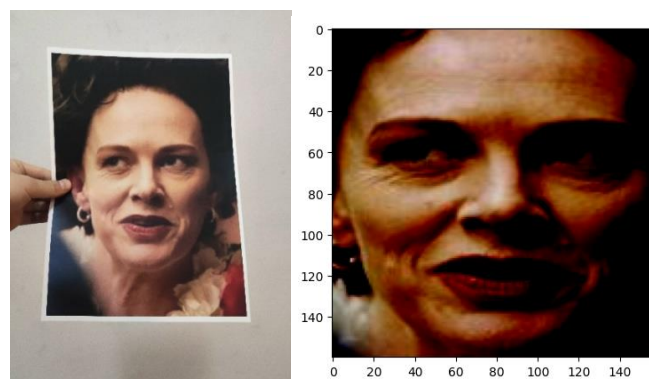


Figura 5. A imagem à esquerda representa uma tentativa de falsificação, enquanto a imagem à direita apresenta o rosto considerado



## 4.2 Método Proposto

Diferente dos métodos tradicionais de reconhecimento facial, o método proposto neste trabalho aplica o mecanismo de representação vetorial em toda a imagem, não se restringindo apenas à região do rosto. Este procedimento considera não apenas características faciais explicitamente identificáveis, mas também aspectos ambientais presentes na imagem, tais como iluminação, sombras, fundo e outros elementos contextuais que podem ser indicativos de tentativas de falsificação. Ao levar em conta esses elementos adicionais, a expectativa é que seja possível distinguir efetivamente as imagens que são tentativas de falsificação das imagens autênticas.

A Figura (6) apresenta o desempenho do método proposto neste trabalho. A técnica incorpora o uso do algoritmo t-SNE para a realização da clusterização em cima das representações vetoriais obtidas. No gráfico é possível observar como as imagens autênticas são eficientemente agrupadas, além disso, é possível realizar uma distinção das falsificações. Esse resultado demonstra o potencial de nosso método na melhoria do reconhecimento facial e na prevenção de falsificações, superando as limitações da abordagem tradicional.

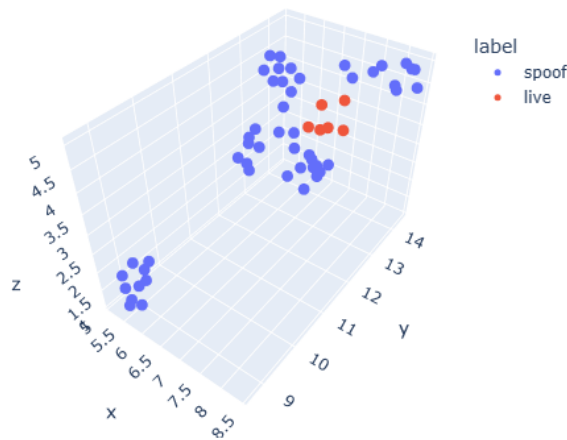


Figura 6. Clusterização conforme o método proposto

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho propôs um método inovador para prevenir falsificações em sistemas de reconhecimento facial. A abordagem emprega uma estratégia de clusterização em duas etapas, que aproveita técnicas avançadas de extração de *embeddings* e de redução de dimensionalidade, visando identificar e diferenciar entre imagens autênticas e falsificadas. Os resultados, apresentados na seção anterior, destacam as vantagens dessa abordagem, revelando uma capacidade promissora para melhorar a autenticação facial e prevenir falsificações.

Um aspecto essencial do nosso método é a utilização do algoritmo t-SNE para a etapa de clusterização. Este algoritmo provou ser eficiente na criação de grupos distintos de imagens autênticas e falsificadas, permitindo a diferenciação e a identificação precisa de falsificações. No entanto, embora o t-SNE tenha demonstrado um desempenho notável em nossos experimentos, é importante mencionar que outras técnicas de clusterização e redução de dimensionalidade poderiam ser empregadas conforme características específicas do problema e o contexto do conjunto de dados. A técnica de clusterização espectral, do inglês *Spectral Clustering* (Von Luxburg, et al. 2007), ou o algoritmo DBSCAN (Gholizadeh et al., 2021), poderiam oferecer outras perspectivas sobre a estrutura dos dados, possivelmente revelando padrões adicionais que podem ser úteis para a detecção de falsificações.

No que se refere à geração de *embeddings*, o nosso trabalho focou na utilização do modelo CLIP da OpenAI, contudo, outros modelos de geração de representações vetoriais, como *DeepFace* ou *FaceNet*, poderiam ser usados. Cada uma dessas ferramentas tem suas próprias características e pode ser adequada para diferentes contextos e tipos de dados.

Deste modo, o presente trabalho serve como uma base sólida para futuras pesquisas no campo de prevenção de falsificações em reconhecimento facial. Esperamos que o método proposto possa inspirar novas ideias e abordagens para combater eficientemente a falsificação e melhorar a autenticação facial. É importante mencionar que embora este trabalho se concentre no reconhecimento facial, o método proposto pode ser facilmente adaptado e aplicado a outros contextos em que a autenticação e a prevenção de falsificações são críticas. Acreditamos que a flexibilidade e a eficácia de nosso método têm o potencial de contribuir significativamente para diversos campos, incluindo a segurança digital e o controle de acesso.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço o apoio técnico e computacional do LATITUDE, da UnB, que conta com apoio do CNPq - (Outorgas 312180/2019-5 PQ-2 e 465741/2014-2 INCT em Cibersegurança), da AGU (Outorga AGU 697.935/2019), ao Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica, na área de concentração: Segurança Cibernética – 1ª Turma para Profissionais do Setor de Inteligência (Outorga ABIN 01/2019) ao DPI da UnB (Outorga 7129 FUB/EMENDA/DPI/COPEI/AMORIS) e do Projeto SISTER City (Outorga 625/2022) e a FAP/DF.

## REFERÊNCIAS

- Abdulrahman, M., Eleyan, A. (2015). Facial expression recognition using support vector machines. In: 2015 23rd signal processing and communications applications conference (SIU). IEEE, 2015. p. 276-279.
- Anthony, P., Ay, B., Aydin, G. (2021). A review of face anti-spoofing methods for face recognition systems. In: 2021 International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA). IEEE, 2021. p. 1-9.
- Aria, Ms et al. (2020). Secure online payment with facial recognition using mtcnn. International Journal of Applied Engineering Research, v. 15, n. 3, p. 249-252, 2020.
- Dawson, M., Omar, M., Abramson, J. (2025). Understanding the methods behind cyber terrorism. In: Encyclopedia of Information Science and Technology, Third Edition. IGI Global, 2015. p. 1539-1549.
- Erdogmus, N., Marcel, S. (2013). Spoofing in 2d face recognition with 3d masks and anti-spoofing with kinect. In: 2013 IEEE sixth international conference on biometrics: theory, applications and systems (BTAS). IEEE, 2013. p. 1-6.
- Gholizadeh, N., Saadatfar, H., Hanafi, N. (2021). K-DBSCAN: An improved DBSCAN algorithm for big data. The Journal of supercomputing, v. 77, p. 6214-6235, 2021.
- Hoàng, G., Ngô, H. Face embedding. Disponível em: <https://hackmd.io/@gianghoangcotai/Sk05UiSFI>. Acesso em: 24 jul. 2023.
- Ikromovich, H. O. (2023). Mamatkulovich, Babakulov Bekzod. FACIAL RECOGNITION USING TRANSFER LEARNING IN THE DEEP CNN. Open Access Repository, v. 4, n. 3, p. 502-507, 2023.
- 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. 2014. p. 1867-1874.
- Kose, N., Dugelay, J.-L. (2013). On the vulnerability of face recognition systems to spoofing mask attacks. In: 2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. IEEE, 2013. p. 2357-2361.
- Li, X., Yang, Z., Wu, H. (2020). Face detection based on receptive field enhanced multi-task cascaded convolutional neural networks. IEEE Access, v. 8, p. 174922-174930, 2020.
- Noble, W. S. (2006). What is a support vector machine?. Nature biotechnology, v. 24, n. 12, p. 1565-1567, 2006.
- Ochi, L. S., Dias, C. R., Soares, S. S. F. (2004). Clusterização em mineração de dados. Instituto de Computação-Universidade Federal Fluminense-Niterói, v. 1, p. 46, 2004.
- O'shea, K., Nash, R. (2007). An introduction to convolutional neural networks. arXiv preprint arXiv:1511.08458, 2015.
- Pan, G. et al. (2007). Eyeblink-based anti-spoofing in face recognition from a generic webcam. In: 2007 IEEE 11th international conference on computer vision. IEEE, 2007. p. 1-8.
- Parkin, A., Grinchuk, O. (2019). Recognizing multi-modal face spoofing with face recognition networks. In: Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition workshops. 2019. p. 0-0.
- Pham, D. T., Dimov, S. S., Nguyen, C. D. (2005). Selection of K in K-means clustering. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, v. 219, n. 1, p. 103-119, 2005.

- Radford, A. et al. (2021). Learning transferable visual models from natural language supervision. In: International conference on machine learning. PMLR, 2021. p. 8748-8763.
- Sahoo, S. et al. (2023). The Universal NFT Vector Database: A Scaleable Vector Database for NFT Similarity Matching. arXiv preprint arXiv:2303.12998, 2023.
- 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. 2015. p. 815-823.
- Suwarno, S., Kevin, K. (2020). Analysis of face recognition algorithm: Dlib and opencv. Journal of Informatics and Telecommunication Engineering, v. 4, n. 1, p. 173-184, 2020.
- Taigman, Y. et al. (2014). Deepface: Closing the gap to human-level performance in face verification. In: Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2014. p. 1701-1708.
- Van Der Maaten, L., and Hinton, G. (2008). "Visualizing data using t-SNE." Journal of machine learning research 9.11 (2008).
- Von Luxburg, U. (2007). A tutorial on spectral clustering. Statistics and computing, v. 17, p. 395-416, 2007.
- Xanthopoulos, P. et al. (2013). Linear discriminant analysis. Robust data mining, p. 27-33, 2013.
- Zhang, Y. et al. (2020). Celeba-spoof: Large-scale face anti-spoofing dataset with rich annotations. In: Computer Vision–ECCV 2020: 16th European Conference, Glasgow, UK, August 23–28, 2020, Proceedings, Part XII 16. Springer International Publishing, 2020. p. 70-85.

# ANÁLISE COMPARATIVA VIA CLASSIFICAÇÃO DE TEXTOS GERADOS PELO CHATGPT VERSUS TEXTOS ESCRITOS MANUALMENTE

Dário Pereira dos Santos<sup>1</sup>, Georges Daniel Amvame Nze<sup>1</sup>, Antônio Marcio Lopes Bezerra<sup>1</sup>, Marcio Bastos Medeiros<sup>2</sup>, Paulo Henrique dos Santos<sup>2</sup> e Daniel Alves da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Pós-graduação Profissional em Engenharia Elétrica – PPEE – Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil, Zip Code 70910-900*

<sup>2</sup>*Advocacia Geral da União, Brasília, Brasil*

## RESUMO

Este estudo emprega classificação de texto com aprendizado de máquina para comparar textos gerados automaticamente pelo ChatGPT com textos escritos manualmente. Ao utilizar algoritmos de classificação, a análise se concentra na avaliação da capacidade do algoritmo de diferenciar entre textos automáticos e manuais. Por meio dessa análise comparativa, o objetivo é avaliar se a classificação demonstra uma compreensão abrangente de textos gerados automaticamente. Além disso, o estudo abre um campo sobre as possíveis aplicações e implicações dos textos gerados por IA em comparação com o conteúdo de autoria humana. Ao empregar técnicas de aprendizado de máquina para classificação, esta pesquisa contribui para uma avaliação mais precisa e sistemática dos textos gerados, facilitando uma compreensão mais profunda da capacidade dos algoritmos de classificação em distinguir entre textos automáticos e manuais.

## PALAVRAS-CHAVE

ChatGPT, Geração de Texto, Classificação

## 1. INTRODUÇÃO

A ascensão dos modelos de linguagem impulsionados pela inteligência artificial (IA) trouxe uma revolução à esfera da geração de texto. Entre esses notáveis modelos, destaca-se o ChatGPT, que faz uso de técnicas de aprendizado profundo para produzir respostas textualmente humanas a partir das entradas dos usuários (Dergaa et al., 2023). Conforme os textos gerados por IA ganham cada vez mais presença, surge a necessidade premente de avaliar sua qualidade e compará-los com textos produzidos manualmente. Essa comparação se configura como um meio de explorar as capacidades e as limitações inerentes aos textos gerados por IA, bem como de compreender suas potenciais implicações.

O propósito deste estudo é realizar uma análise comparativa entre os textos originados pelo ChatGPT e aqueles compostos manualmente. A fim de atingir tal objetivo, adotamos uma abordagem baseada em classificação de texto, empregando algoritmos de aprendizado de máquina (Barbosa et al., 2022). A classificação textual nos capacita a avaliar e discernir, de maneira objetiva, os textos gerados de forma automática e distingui-los daqueles de origem humana, com base em critérios como qualidade, fluidez, coerência, originalidade e outros elementos pertinentes. Ao recorrer a esta metodologia de classificação, estamos aptos a realizar uma análise abrangente das características de ambos os tipos de texto, fornecendo, assim, uma compreensão substancial sobre os pontos fortes e limitações dos textos gerados por IA em comparação com o conteúdo produzido de forma manual.

A utilização de técnicas de aprendizado de máquina para a classificação de texto estabelece uma estrutura sistemática e imparcial na avaliação dos textos. Este enfoque possibilita a quantificação e a comparação do desempenho do ChatGPT na geração de texto em relação à competência e criatividade demonstradas por autores humanos. Por meio desses modelos de aprendizado de máquina, é viável automatizar a análise textual e extrair insights significativos dos dados coletados.

A análise comparativa entre textos gerados por IA e textos escritos manualmente abarca implicações de grande magnitude em diversas áreas. A classificação de texto nos proporciona informações valiosas acerca dos pontos fortes e fracos dos textos produzidos por IA permitindo-nos uma melhor compreensão de contextos nos quais eles podem ser eficazmente aplicados. Além disso, essa análise abre portas para a exploração de diversas aplicações potenciais para textos gerados por IA incluindo a criação de conteúdo, atendimento ao cliente e assistência à escrita criativa. Através da consideração das características e do desempenho desses textos, somos capazes de avaliar sua pertinência em diferentes cenários e de identificar os benefícios e desafios associados ao uso de textos gerados por IA em comparação com o conteúdo gerado manualmente. Esta compreensão mais abrangente é crucial para moldar o futuro da geração de texto e para aproveitar plenamente o potencial desta tecnologia inovadora.

Por meio de uma análise comparativa completa, almejamos contribuir para as conversas em curso sobre textos gerados por IA e seu papel em uma série de campos. Este estudo busca preencher a lacuna existente entre o conteúdo produzido por humanos e o conteúdo gerado por IA permitindo uma apreciação mais completa das capacidades e limitações dos modelos de linguagem, como o ChatGPT. Adicionalmente, tem o intuito de fornecer informações úteis para instituições que desejam implementar o ChatGPT em suas aplicações, incluindo a Advocacia Geral da União.

Nas seções subsequentes desta pesquisa, vamos nos aprofundar na metodologia empregada para classificação de texto, apresentar os resultados da análise comparativa e discutir as implicações e possíveis direções futuras de textos gerados por IA. Por meio deste exame abrangente, pretendemos fornecer informações valiosas sobre a paisagem da geração de texto e seu impacto em vários domínios da comunicação e criatividade humanas.

## 2. ESTADO DA ARTE

O ChatGPT, uma ferramenta de linguagem de inteligência artificial desenvolvida pela OpenAI, ganhou atenção significativa por sua capacidade de gerar texto semelhante ao humano. No entanto, foram levantadas preocupações quanto à precisão dos documentos que produz. Este estudo tem como objetivo comparar a precisão e a qualidade dos artigos acadêmicos gerados pelo ChatGPT com aqueles de autoria humana. Realizamos um estudo com foco específico em artigos de radiologia. A avaliação independente por dois radiologistas musculoesqueléticos treinados revelou que, dos cinco artigos gerados pelo ChatGPT, quatro eram significativamente imprecisos e continham referências fictícias. Embora um artigo parecesse bem escrito com uma boa introdução e discussão, todas as referências eram fictícias. Em conclusão, embora o ChatGPT possa gerar artigos de pesquisa coerentes que podem inicialmente se assemelhar a publicações autênticas, nossas descobertas indicam que os artigos avaliados eram factualmente imprecisos e dependiam de referências fictícias. É importante observar que leitores não treinados podem perceber esses artigos gerados como autênticos (Ariyaratne et al., 2023).

Grandes modelos de linguagem como o ChatGPT ganharam popularidade por gerar conteúdo de texto humano. No entanto, no domínio médico, no qual a precisão e a validação são cruciais, informações errôneas geradas pelo ChatGPT podem levar à desinformação prejudicial. Esta pesquisa se concentra em conteúdo gerado por IA responsável e ético na medicina, analisando as diferenças entre textos médicos escritos por humanos e textos gerados por ChatGPT e desenvolvendo fluxos de trabalho de aprendizado de máquina para detectá-los e diferenciá-los com eficácia. O estudo constrói conjuntos de dados de textos médicos escritos por humanos e gerados pelo ChatGPT, analisa recursos linguísticos e identifica distinções no vocabulário, parte do discurso, sentimento e outros. Os métodos de aprendizado de máquina, incluindo um modelo baseado em BERT, são projetados e implementados para detectar textos médicos gerados pelo ChatGPT, alcançando uma pontuação F1 superior a 95%. Os resultados revelam que os textos escritos por humanos são mais concretos e informativos, enquanto os textos gerados pelo ChatGPT priorizam a fluência e a lógica, mas carecem de informações específicas do contexto. Este estudo abre caminho para o uso confiável e responsável de grandes modelos de linguagem na área médica, garantindo a confiabilidade do conteúdo médico gerado (Liao et al., 2023).

O surgimento de grandes modelos de linguagem (LLMs) levou à geração de textos altamente sofisticados que são quase indistinguíveis do conteúdo escrito por humanos. Embora esse avanço tecnológico ofereça um grande potencial, ele também levanta preocupações sobre o potencial uso indevido de tais textos, incluindo a

disseminação de desinformação e interrupções no sistema educacional. Apesar da proposta de inúmeras abordagens de detecção, ainda falta uma compreensão abrangente das conquistas e desafios neste campo. Esta pesquisa visa preencher essa lacuna, fornecendo uma visão geral das técnicas existentes para detectar textos gerados por LLM e aprimorar o controle e a regulação dos modelos de geração de linguagem. A pesquisa explora vários métodos e estratégias empregadas na detecção de textos gerados pelo LLM, incluindo análise linguística, modelagem estatística e abordagens de aprendizado de máquina. Ao compreender essas técnicas, pesquisadores e formuladores de políticas podem avaliar e abordar melhor os riscos associados aos textos gerados pelo LLM (Tang *et al.*, 2023).

### 3. METODOLOGIA

A seção metodológica deste estudo fornece uma visão abrangente dos procedimentos adotados para alcançar os objetivos propostos de realizar uma análise comparativa entre textos gerados pelo ChatGPT 3.5 em 2023 e textos escritos manualmente criados em 2027. Uma descrição detalhada de cada etapa do processo metodológico será feita na subseção a seguir.

#### 3.1 Coleta de Amostras de Texto

Os dados dos textos escritos manualmente foram coletados do dataset disponível em <https://www.kaggle.com/marlesson/news-of-the-site-folhauol/metadata>, especificamente extraindo a categoria contendo textos sobre esportes. Esse conjunto de dados serviu como uma fonte valiosa de textos autênticos de autoria humana relacionados ao domínio esportivo. Aproveitando esse conjunto de dados, garantimos a inclusão de textos de alta qualidade, relevantes e diversos, relacionados a esportes em nossa análise comparativa. O uso de conjuntos de dados disponíveis publicamente agrega credibilidade e validade externa aos resultados de nossa pesquisa.

	text	category
0	Pela primeira vez desde que assumiu o comando ...	esporte
1	O juiz Marcelo Bretas converteu nesta segunda...	esporte
2	Agora com 17 seleções garantidas, a Copa do Mu...	esporte
3	O Ministério Público Federal do Rio de Janeiro...	esporte
4	O zagueiro Marquinhos, 23, será o capitão da s...	esporte
5	Juan Antonio Pizzi não entrou em detalhes, mas...	esporte

Figura 1. Amostra dos textos manuais

Os dados gerados pelo ChatGPT foram extraídos por meio do comando "Gerar 50 textos longos e profissionais sobre esportes". Esse comando foi executado para obter um conjunto de 50 textos relacionados a esportes gerados pelo modelo de linguagem ChatGPT. Ao especificar as características desejadas dos textos gerados, como extensão e profissionalismo, buscamos garantir um conjunto de dados consistente e direcionado para nossa análise comparativa. A utilização de comandos específicos no processo de extração de dados permite o controle e a customização, viabilizando avaliar o desempenho do ChatGPT na geração de conteúdo relacionado ao assunto esporte.

	text	category
0	Análise Tática no Futebol: A Importância do Po...	esporte gpt3
1	A Evolução do Treinamento Funcional no Esporte...	esporte gpt3
2	Psicologia Esportiva: A Mentalidade Vencedora\...	esporte gpt3
3	A Importância da Nutrição no Esporte de Alto R...	esporte gpt3
4	Lesões no Esporte: Prevenção e Reabilitação\A...	esporte gpt3
5	O Impacto do Treinamento de Força na Performan...	esporte gpt3

Figura 2. Amostra dos textos gerados automaticamente com ChatGPT

O conjunto de dados usado para análise consiste em um total de 100 amostras, com 50 amostras geradas pelo ChatGPT e 50 amostras escritas manualmente. A distribuição das classes é representada no gráfico a seguir, onde os textos escritos manualmente são denotados pelo valor 0, e os textos gerados pelo ChatGPT são denotados pelo valor 1. A distribuição das classes nos permite examinar o equilíbrio entre os dois tipos de textos e fornece uma representação visual da composição do conjunto de dados.

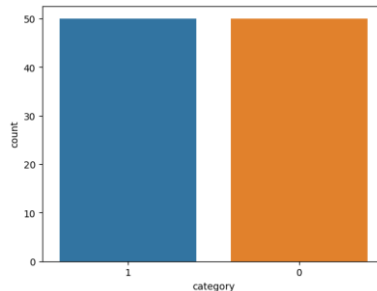


Figura 3. Gráfico de distribuição de classes

### 3.2 Definição de Critérios de Avaliação

Para realizar uma análise robusta e sistemática, é fundamental estabelecer critérios de avaliação claros para classificação de textos. Esses critérios servem como diretrizes para avaliar o desempenho e a eficácia dos algoritmos de classificação na distinção entre diferentes tipos de textos. A seguir estão as principais etapas envolvidas na definição dos critérios de avaliação:

**Precisão e Recall:** são métricas usadas para avaliar o desempenho do algoritmo na classificação de textos. A precisão mede a proporção de textos classificados corretamente dentro de uma categoria específica, enquanto a revocação avalia a capacidade do algoritmo de identificar todos os textos relevantes dentro dessa categoria (Buckland, 1994).

**F1-Score:** é uma métrica combinada que considera a precisão e o *recall*. Ele fornece uma avaliação equilibrada do desempenho do algoritmo de classificação, levando em consideração os valores de precisão e recuperação (Chicco, 2020).

**Matriz de confusão:** é uma tabela que resume o desempenho de um algoritmo de classificação exibindo o número de classificações de verdadeiro positivo, verdadeiro negativo, falso positivo e falso negativo. Ele ajuda a identificar quaisquer padrões ou tendências de classificação incorreta e fornece informações para melhorar o desempenho do algoritmo (Visa *et al.*, 2020).

**Validação cruzada:** é uma técnica usada para avaliar a capacidade de generalização de um algoritmo de classificação. Envolve dividir o conjunto de dados em vários subconjuntos, treinar o modelo em um subconjunto e testá-lo nos subconjuntos restantes. Isso ajuda a estimar o desempenho do algoritmo em dados não vistos e a mitigar o impacto do *overfitting* (Berrar, 2019).

### 3.3 Pré-Processamento dos Textos

O pré-processamento desempenha um papel crucial na análise de texto, transformando o texto bruto em uma representação mais estruturada e significativa. Várias técnicas são comumente empregadas, incluindo a remoção de *stopwords*, lematização e stemização. A seguir estão as principais etapas utilizadas neste trabalho para realizar o pré-processamento de texto:

**Stopwords (Remoção de Palavras Irrelevantes)** são palavras comumente usadas em um idioma que não carregam conceito significativo e geralmente são removidas para reduzir o ruído e a sobrecarga computacional. Exemplos de *stopwords* incluem artigos (por exemplo, "um", "a"), conjunções (por exemplo, "e", "mas") e preposições (por exemplo, "entre", "em"). Ao eliminar essas palavras irrelevantes do texto, podemos nos concentrar nas palavras mais significativas e informativas (Sarica, 2021).

A lematização visa reduzir as palavras à sua forma base ou de dicionário, conhecida como lema. Ajuda a consolidar diferentes formas flexionadas de uma palavra em uma única representação. Por exemplo, as palavras "correndo", "correr" e "correria" seriam todas lematizadas em sua forma básica "corre". Esse processo garante

que palavras com a mesma raiz sejam tratadas como uma só, facilitando uma melhor análise e reduzindo a dimensionalidade dos dados do texto (Khyani *et al.*, 2021).

A stemização é um processo que envolve a redução de palavras à sua forma raiz ou radical, removendo sufixos e prefixos. Ao contrário da lematização, a derivação não leva em conta o contexto ou a semântica da palavra, mas se concentra apenas nos padrões linguísticos. Por exemplo, as palavras "correndo", "correr" e "correria" seriam todas derivadas de "correr". A stemização pode ajudar a reduzir variações de palavras e melhorar a eficiência computacional em alguns casos (Khyani *et al.*, 2021).

A remoção de *stopwords* ajuda a filtrar palavras comuns e menos informativas, enquanto a lematização e a stemização garantem consistência nas representações de palavras e reduzem o tamanho do vocabulário. A combinação dessas técnicas contribui para uma análise de texto mais precisa e eficiente, permitindo melhores percepções e compreensão dos dados textuais subjacentes.

#### 4. RESULTADOS

A seção de resultados fornece conclusões abrangentes e resultados derivados da análise comparativa realizada entre os textos gerados pelo ChatGPT e os textos escritos manualmente. A avaliação desses textos utilizando algoritmos de classificação oferece informações valiosas sobre a qualidade do texto gerado automaticamente, podendo claramente diferenciar se o texto é natural ou artificial.

Tabela 1. Resultado do teste de predição dos textos utilizando a classificação com algoritmo Random Forest

Classe	Precisão	Recall	F1-Score
0 - Texto Manual	100%	93%	97%
1 - Cha GPT	94%	100%	97%
<b>Acurácia:</b>			<b>99%</b>

Na Tabela 1, apresentamos os resultados do teste de predição de texto usando o algoritmo de classificação Random Forest (Cutler *et al.*, 2012). Os resultados indicam o desempenho do algoritmo, considerando diversas métricas de avaliação, e sua capacidade de efetivamente aprender e distinguir entre os textos gerados pelo ChatGPT e os textos escritos manualmente. A análise das capacidades de aprendizagem do algoritmo indica que ele identificou e aprendeu com sucesso as características distintivas entre os textos gerados pelo ChatGPT e os textos escritos manualmente. Isso sugere que o algoritmo foi capaz de discernir as nuances e características únicas de cada tipo de texto, contribuindo para sua classificação precisa.

Na Figura 4, exibimos a matriz de confusão representando os resultados do classificador Random Forest. A matriz fornece informações valiosas sobre o desempenho do classificador, ilustrando a precisão de suas previsões e destacando quaisquer erros de classificação. Notavelmente, o classificador Random Forest fez apenas uma única classificação incorreta, atribuindo incorretamente um texto escrito manualmente, representado pela classe 0.

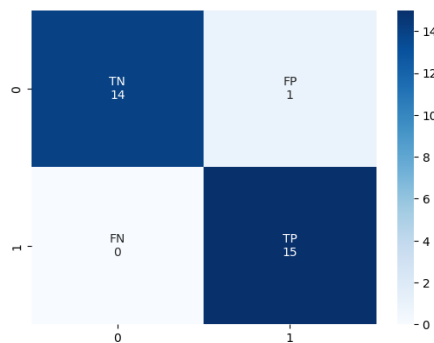


Figura 4. Matriz de confusão com os resultados do classificador Random Forest



Na Tabela 2, fornecemos os resultados do teste de predição de texto usando o algoritmo de classificação Support Vector Machine (SVM) (Noble, 2006). Os resultados demonstram o desempenho do algoritmo em classificar e distinguir com precisão entre os textos gerados pelo ChatGPT e os textos escritos manualmente. A análise revela que o algoritmo SVM obteve desempenho máximo em diferenciar os textos gerados dos textos escritos manualmente. Ele identificou efetivamente as características distintivas e padrões específicos para cada tipo de texto, permitindo uma classificação precisa. Isso demonstra a capacidade do algoritmo de entender e capturar as características diferenciadas dos textos.

Tabela 2. Resultado do teste de predição dos textos utilizando a classificação com algoritmo Support Vector Machine (SVM)

Classe	Precisão	Recall	F1-Score
0 - Texto Manual	100%	100%	100%
1 - ChatGPT	100%	100%	100%
<b>Acurácia:</b>			<b>100%</b>

A Figura 4 exibe a matriz de confusão representando os resultados do classificador SVM. A matriz fornece informações detalhadas sobre o desempenho do classificador, mostrando a precisão de suas previsões e destacando erros de classificação. Notavelmente, o classificador SVM alcançou precisão perfeita, prevendo corretamente todas as instâncias sem erros de classificação.

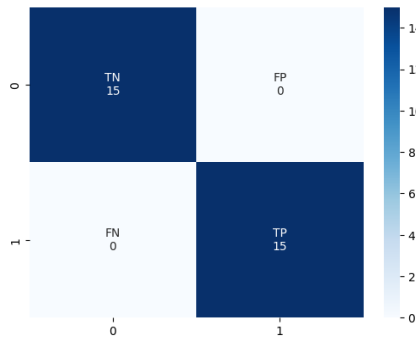


Figura 5. Matriz de confusão com os resultados do classificador Support Vector Machine (SVM)

A Figura 6 mostra os resultados do teste de predição de texto utilizando vários modelos de classificação: Random Forest, Linear Support Vector Classification (SVC) (Ho et al., 2012), Multinomial Naive Bayes (Jiang, 2016) e Regressão Logística (LaValley, 2008). Os resultados demonstram a precisão alcançada por cada algoritmo na classificação dos textos. Notavelmente, os três algoritmos (SVC, Multinomial Naive Bayes e Logistic Regression) alcançaram 100% das predições em suas previsões, enquanto o algoritmo Random Forest alcançou uma faixa de predição de 92% a 100%.

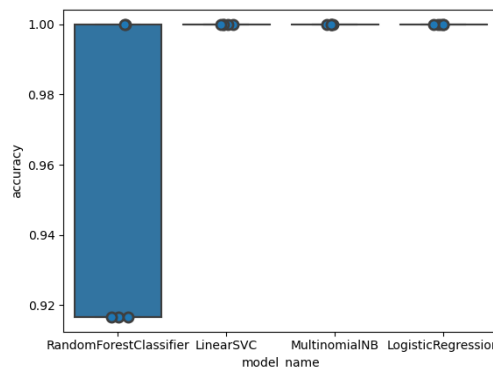


Figura 6. Resultado do teste de predição dos textos utilizando os modelos de classificação Random Forest, Linear Support Vector Classification (SVC), Multinomial Naive Bayes e Logistic Regression

Esses resultados destacam as fortes capacidades de classificação dos algoritmos testados. Enquanto os modelos SVC, Multinomial Naive Bayes e Logistic Regression obtiveram precisão perfeita, o modelo Random Forest apresentou resultados ligeiramente variados, mantendo um alto nível de precisão. Essas descobertas contribuem para nossa compreensão da eficácia dos algoritmos na classificação de textos e ajudam na seleção do algoritmo mais adequado para futuras tarefas de classificação de texto.

## 5. CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo realizar uma análise abrangente e comparação entre textos gerados pelo modelo ChatGPT e textos escritos manualmente. Empregando algoritmos de classificação de texto e técnicas de aprendizado de máquina, avaliamos a qualidade e as características distintivas dos textos gerados automaticamente. Os resultados obtidos com a avaliação fornecem informações valiosas e implicações para vários domínios.

A comparação dos textos gerados pelo ChatGPT com os textos escritos manualmente nos permitiu obter uma compreensão mais profunda dos pontos fortes e fracos dos textos gerados por IA. Observamos que os algoritmos de classificação empregados, incluindo Random Forest, Support Vector Machine (SVM), Multinomial Naive Bayes e Logistic Regression, demonstraram alta precisão na distinção entre os dois tipos de textos. Esses algoritmos apresentaram excelente desempenho, atingindo 100% de precisão na maioria dos casos e fornecendo previsões valiosas. A metodologia empregada neste estudo envolveu a coleta de textos escritos manualmente e também técnicas de pré-processamento, incluindo remoção de *stopword*, lematização e lematização, as quais foram aplicadas para garantir a qualidade e consistência dos textos antes da classificação.

Os resultados obtidos a partir dos modelos de classificação, conforme ilustrado nas figuras e tabelas apresentadas, destacam o desempenho dos algoritmos em classificar e diferenciar com precisão os textos gerados pelo ChatGPT e os textos escritos manualmente. Os modelos apresentaram altas taxas de predição, erros mínimos de classificação e uma capacidade robusta de aprender os padrões e características distintivas de cada tipo de texto.

Em conclusão, este estudo contribui para o campo da análise de texto, fornecendo uma análise detalhada e comparação de textos gerados pelo modelo ChatGPT e textos escritos manualmente. Os resultados indicam a eficácia dos algoritmos de classificação empregados na distinção entre os dois tipos de texto. Além disso, o estudo oferece informações valiosas sobre a qualidade e as possíveis aplicações de textos gerados por IA, fornecendo uma base para pesquisas e desenvolvimentos adicionais nessa área.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado em parte pelo CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Bolsas 312180/2019-5 PQ-2, BRICS2017-591 LargEWiN e 465741/2014-2 INCT em Cibersegurança), em parte pela CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Bolsas 23038.007604/2014-69 FORTE e 88887.144009/2017-00 PROBRAL), em parte pela FAP-DF - Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (Bolsas 0193.001366/2016 UIoT e Bolsas 0193.001365/2016 SSDDC), em parte pelo Ministério da Economia do Brasil (Bolsas 005/2016 DIPLA e Bolsas 083/2016 ENAP), em parte pelo Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República do Brasil (Bolsas ABIN 002/2017), em parte pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Bolsas CADE 08700.000047/2019-14) e em parte pela Advocacia-Geral da União (Bolsas AGU 697.935/2019).

## REFERÊNCIAS

- Ariyaratne, Sisith et al. A comparison of ChatGPT-generated articles with human-written articles. *Skeletal Radiology* (2023): 1-4.
- Barbosa, Gabriel A., et al. Aprendizagem de Máquina para Classificação de Tipos Textuais: Estudo de Caso em Textos escritos em Português Brasileiro. *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. SBC, 2022.
- Berrar, Daniel. Cross-Validation. (2019): 542-545.
- Buckland, Michael, & Fredric Gey. The relationship between recall and precision. *Journal of the American society for information science* 45.1 (1994): 12-19.
- Chicco, Davide, & Giuseppe Jurman. The advantages of the Matthews correlation coefficient (MCC) over F1 score and accuracy in binary classification evaluation. *BMC genomics* 21 (2020): 1-13.
- Cutler, Adele, D. Richard Cutler, and John R. Stevens. "Random forests." *Ensemble machine learning: Methods and applications* (2012): 157-175.
- Dergaa, Ismail et al. From human writing to artificial intelligence generated text: examining the prospects and potential threats of ChatGPT in academic writing. *Biology of Sport* 40.2 (2023): 615-622.
- Ho, Chia-Hua, and Chih-Jen Lin. "Large-scale linear support vector regression." *The Journal of Machine Learning Research* 13.1 (2012): 3323-3348.
- Jiang, Liangxiao, et al. "Structure extended multinomial naive Bayes." *Information Sciences* 329 (2016): 346-356.
- Khyani, Divya et al. An interpretation of lemmatization and stemming in natural language processing. *Journal of University of Shanghai for Science and Technology* 22.10 (2021): 350-357.
- LaValley, Michael P. "Logistic regression." *Circulation* 117.18 (2008): 2395-2399.
- Liao, Wenxiong et al. Differentiate chatgpt-generated and human-written medical texts. *arXiv preprint arXiv:2304.11567* (2023).
- Noble, William S. "What is a support vector machine?." *Nature biotechnology* 24.12 (2006): 1565-1567.
- Sarica, Serhad, & Jianxi Luo. Stopwords in technical language processing. *Plos one* 16.8 (2021): e0254937.
- TANG, Ruixiang; CHUANG, Yu-Neng; HU, Xia. The science of detecting llm-generated texts. *arXiv preprint arXiv:2303.07205*, 2023.
- Visa, Sofia, et al. Confusion matrix-based feature selection. *Maics* 710.1 (2011): 120-127.

# APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE ENSEMBLE LEARNING PARA DETECÇÃO DE SITES FRAUDULENTOS

Felipe Sarmiento dos Santos<sup>1</sup>, Kelton Augusto Pontara da Costa<sup>2</sup>, Thiago José Lucas<sup>2</sup>,  
Geraldo Cesar Cantelli<sup>2</sup> e João Pedro Vieira Rodrigues<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Tecnologia de Ourinhos

Av. Vitalina Marcusso, 1400, Campus Universitário - Ourinhos, Cep 19910-206, Estado de São Paulo, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Paulista (Unesp)

Campus de Bauru - Seção Técnica de Pós-Graduação, Avenida Engenheiro Edmundo Carrijo Coube, 14-01,  
Bairro Vargem Limpa - Bauru, CEP 17033-360, Estado de São Paulo, Brasil

## RESUMO

Sites fraudulentos que visam induzir o usuário a inserir dados sensíveis e capturá-los para fins nefastos possuem, em hipótese, características que diferem de sites legítimos. Devido ao grande número de sites disponíveis na Internet e à complexidade e quantidade de variáveis presentes na análise de segurança desses objetos, faz-se necessária a aplicação de técnicas capazes de extrair padrões e classificá-los dentre grandes quantidades de dados. Este trabalho foi dedicado à implementação de oito diferentes algoritmos de *Machine Learning* para classificação binária no contexto de fraudes usando sites maliciosos. Os melhores resultados foram obtidos com os algoritmos *Ensemble Learning: Boosted Decision Tree e Decision Forest*.

## PALAVRAS-CHAVE

Detecção, Fraudes, *Ensemble Learning*, Segurança Web, Sites Fraudulentos

## 1. INTRODUÇÃO

O avanço na tecnologia de redes de computadores apresenta novas maneiras de acessar diferentes sites e dada a sua constante evolução no cenário tecnológico, evolui também a forma como os crimes aplicados por meio digital ameaçam aqueles que fazem o uso dela, roubando-lhes informações pessoais e dados bancários, tornando assim cada vez mais complexa a tentativa de mitigar este ato criminoso na internet.

A forma como os sistemas de inteligência artificial vem crescendo e ganhando visibilidade em várias áreas mostra que é possível utilizar esta tecnologia na detecção de sites fraudulentos. A maneira como os algoritmos de aprendizado de máquina trabalham, realizando análises em um vasto número de dados e informações, representa uma forma promissora nessa área de estudo.

O objetivo geral que conduziu a atual pesquisa foi a realização de uma experiência de comparação de performance e resultados entre as técnicas de *Ensemble Learning* junto a aprendizado de máquina na detecção de sites fraudulentos através da plataforma *Azure Machine Learning Studio*. Os objetivos específicos foram:

- Exibir a relação de tendências de classificadores e bancos de dados utilizados em pesquisas semelhantes junto de seus resultados; realizar o treinamento de oito classificadores para detecção no *dataset Phishing Legitimate Full.csv*; coletar o apuramento de desempenho dos classificadores, comparando os seus resultados.

A motivação presente no empenho desta pesquisa foi avaliar se os algoritmos baseados em *Ensemble Learning* iriam obter resultados melhores que os algoritmos comuns baseados em *Machine Learning*.

Para justificação da atual pesquisa tem-se dados do CERT.br (2020) que representa os principais incidentes de tentativa de fraudes reportados em 2020: o número de incidentes referentes a *Phishing* com interesse financeiro se distingue perante os demais sendo maioria (85,15%), seguido pelos demais tipos de golpes *Phishing* (11,64%) e por Cavalos de Tróia (3,21%).

## 2. REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conceito de *Ensemble Learning* se baseia em um método de aprendizado através de grupos, onde são combinados vários modelos de aprendizado de máquina treinados para uma determinada tarefa e os resultados geram amostras mais complexas que são as somas de todo o grupamento, os resultados destes modelos mais “fracos” combinados geram respostas mais robustas e precisas em troca de um custo de performance computacional maior.

### 2.1 Algoritmos Classificadores

**Two-Class Averaged Perceptron:** É uma versão simples e inicial de uma rede neural, suas entradas são classificadas em diversas saídas tendo como base uma função linear combinada com um conjunto de pesos derivados do vetor de recurso, seu modelo mais simples é apropriado para aprendizado de padrões separáveis linearmente.

$$f(x) = \text{sign}(W_{avg} \cdot x) \quad (1)$$

Onde:  $f(x)$  é a função de classificação que determina a classe de uma entrada  $x$ ;  $W_{avg}$  é o vetor de pesos que é determinado durante o treinamento do modelo. Esse vetor de pesos é uma média ponderada de todos os vetores de pesos calculados durante o treinamento do modelo;  $x$  é o vetor de entrada que contém as características da entrada a ser classificada;  $\text{sign}()$  é a função de sinal que retorna +1 se o valor de entrada for positivo e -1 se o valor for negativo.

**Two-Class Bayes Point Machine:** Utiliza uma abordagem Bayesiana (atualiza qual a taxa de conversão mais provável após se coletar novos dados àquele evento) para uma classificação linear. Aproxima a média Bayesiana de classificadores lineares, escolhendo assim um classificador médio.

$$f(x) = \text{sign}(w^T \cdot x + b) \quad (2)$$

Onde:  $f(x)$  é a função de classificação que determina a classe de uma entrada  $x$ ;  $w$  é o vetor de pesos que é determinado durante o treinamento do modelo;  $x$  é o vetor de entrada que contém as características da entrada a ser classificada;  $b$  é o termo de polaridade (bias) que permite que a função de decisão se desloque ao longo do eixo das ordenadas;  $\text{sign}()$  é a função de sinal que retorna +1 se o valor de entrada for positivo e -1 se o valor for negativo.

**Two-Class Boosted Decision Tree:** Método de aprendizado de conjunto onde a segunda árvore corrige os dados da primeira e a terceira corrige os dados da primeira e da segunda, e assim por diante. As árvores de decisão otimizadas são um dos métodos mais simples para se obter um melhor desempenho em uma grande variedade de tarefas de aprendizado de máquina, embora seja bastante intensivo manter tudo na memória.

$$f(x) = \text{sign}(\sum_i T_i(x)) \quad (3)$$

Onde:  $f(x)$  é a função de classificação que determina a classe de uma entrada  $x$ ;  $T_i(x)$  é a  $i$ -ésima árvore de decisão que é treinada no conjunto de dados. Cada árvore é treinada em uma amostra ponderada do conjunto de dados original;  $\sum_i$  é a soma de todas as árvores de decisão treinadas no modelo;  $\text{sign}()$  é a função de sinal que retorna +1 se o valor de entrada for positivo e -1 se o valor for negativo.

**Two-Class Decision Forest:** Método de aprendizado em conjunto destinado a tarefas de classificação. Um método conjunto em vez de depender de apenas um único modelo, utiliza de vários modelos relacionados combinados, gerando assim resultados melhores e mais generalizados. Normalmente este estilo de aprendizado em conjunto fornece maior cobertura e precisão do que as árvores de decisão únicas.

$$f(x) = \text{sign}(\sum_i h_i(x)) \quad (4)$$

Onde  $f(x)$  é a função de classificação que determina a classe de uma entrada  $x$ ;  $h_i(x)$  é a  $i$ -ésima árvore de decisão que é treinada no conjunto de dados. Cada árvore é treinada em uma amostra aleatória do conjunto

de dados original;  $\sum_i$  é a soma de todas as árvores de decisão treinadas no modelo;  $sign()$  é a função de sinal que retorna +1 se o valor de entrada for positivo e -1 se o valor for negativo.

**Two-Class Locally-Deep Support Vector Machine:** SVMs (*Support Vector Machines*) são uma classe de modelo de aprendizado supervisionado bastante popular. Pode ser utilizada em tarefas de classificação linear e não linear. Este é um classificador de máquinas de vetor de suporte não linear de duas classes otimizado para uma previsão mais eficiente com menos tempo necessário para treinamento.

$$f(x) = sign(\sum_i \alpha_i \cdot K(x, x_i) + b) \quad (5)$$

Onde:  $f(x)$  é a função de classificação que determina a classe de uma entrada  $x$ ;  $\alpha_i$  são os multiplicadores de Lagrange que são determinados durante o treinamento do modelo e controlam a importância de cada vetor de suporte na construção da função de decisão final;  $K(x, x_i)$  é uma função kernel que mede a similaridade entre a entrada  $x$  e um vetor de suporte  $x_i$ . Essa função é usada para transformar os dados de entrada em um espaço de alta dimensão onde é mais fácil separar as classes;  $b$  é o viés da função de decisão.

**Two-Class Logistic Regression:** É um método muito popular estatisticamente, utilizado para prever a probabilidade de um resultado em uma tarefa de classificação. Este algoritmo prevê a ocorrência de um evento ajustando dados a uma função lógica que pode ser usada para prever dois resultados.

$$p(y = 1 | x, w) = \sigma(w^T \cdot x) \quad (6)$$

Onde:  $p(y = 1 | x, w)$  é a probabilidade da entrada  $x$  ser classificada como pertencente à classe 1;  $\sigma(z)$  é a função sigmóide, definida por  $\sigma(z) = \frac{1}{1 + \exp(-z)}$ , que mapeia qualquer valor real em um valor entre 0 e 1;  $w$  é

um vetor de pesos que é determinado durante o treinamento do modelo. Esse vetor representa a importância relativa de cada característica de entrada na classificação;  $x$  é o vetor de entrada, que contém os valores das características do exemplo de entrada.

**Two-Class Neural Network:** Uma rede neural utilizada para prever resultados binários, funciona através de camadas interconectadas, onde entre as camadas de entrada e saída existem outras várias camadas ocultas onde a maioria das tarefas preditivas são realizadas.

$$f(x) = g(W_2 \cdot h(W_1 \cdot x + b_1) + b_2) \quad (7)$$

Onde:  $f(x)$  é a função de classificação que determina a classe de uma entrada  $x$ ;  $g$  é a função de ativação da camada de saída da rede neural, que mapeia a saída da camada de saída em um valor entre 0 e 1. A função sigmóide é uma função comum de ativação para a camada de saída em redes neurais de classificação binária;  $W_2$  é uma matriz de pesos que conecta as saídas da camada oculta à camada de saída;  $W_1$  é uma matriz de pesos que conecta as entradas à camada oculta;  $b_1$  e  $b_2$  são os vieses das camadas oculta e de saída, respectivamente.

**Two-Class Support Vector Machine:** Este modelo de aprendizado supervisionado analisa os dados de entrada e reconhece seus padrões no processo de treinamento. Os dados analisados na entrada são representados como pontos em um espaço e então são mapeadas suas categorias de saída que são divididas em colunas da forma mais ampla e clara possível. Para realizar o processo de previsão este algoritmo atribui novos valores em uma categoria, mapeando-os assim neste mesmo espaço.

$$\begin{aligned} \min \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \cdot \text{sum}(i = 1 \text{ to } n)(x_i) \\ \text{subject to } y_i \cdot (w \cdot x_i + b) \geq 1 \end{aligned} \quad (8)$$

Onde:  $w$  é o vetor de pesos (ou coeficientes) do hiperplano separador;  $b$  é o bias (ou interceptação) do hiperplano;  $C$  é um parâmetro de regularização que controla a penalidade por classificação incorreta;  $x_i$  são os vetores de entrada;  $y_i$  são as classes de saída correspondentes (+/- 1);  $n$  é o número de exemplos de treinamento.

Observação: A função  $sign()$  é uma função degrau (step function), que retorna 1 se a entrada é maior que um determinado valor de limiar (threshold) e 0 caso contrário.

## 2.2 Estado da Arte

Na Tabela 1 estão relacionados os trabalhos mais importantes na área de aplicação de técnicas de Ensemble Learning na área de detecção de sites fraudulentos, na forma de uma taxonomia do assunto. Dentre eles, apenas dois tratam de algoritmos *Ensemble*: Maktabar et al. (2017) e Zamir et al. (2020).

Tabela 1. Relação entre técnicas e algoritmos utilizados por autores significativos

Fonte: Elaborado pelo Autor

Trabalho	Dataset	Classificador	Alg. Seleção	Alg. Ensemble
Maktabar et al. (2017)	Próprio	<i>SVM, Decision Tree, MNB, Bernoulli, SVM, SGD, LR</i>	<i>Part of Speech, Bag of Words</i>	Conjunto de Classificadores e esquema de votação
Aydin et al. (2020)	<i>PhishTank</i>	<i>NV, SMO, J48</i>	<i>Gain Ratio, Relief</i>	Não utilizado
Beltzung et al. (2020)	Próprio	<i>RF, Boosted Tress, SVM, NB, ANN, UCM, XGBoost</i>	<i>TSNE, Bag of Words, TF-IDF</i>	Não utilizado
Alabdullah et al. (2019)	Próprio, <i>PhishTank</i>	<i>RF</i>	<i>Document Object Model</i>	Não utilizado
Basnet et al. 2008	<i>SpamAssassin, Phishing, Corpus</i>	<i>SVM, SOMs, K-Means</i>	<i>Python, Java; Scripts</i>	Não utilizado
Nguyen, Nguyen (2016)	<i>Website, PhishTank</i>	<i>SVM, NB, J48, RF, NN</i>	<i>TF-IDF</i>	Não utilizado
Zamir et al. (2020)	<i>Website, Kaggle</i>	<i>RF, NN Bagging, SVM, NB, KNN, Stacking(1,2)</i>	<i>Relief, RFE</i>	<i>Bagging</i>
Yadollahi et al. (2019)	Próprio	<i>DT, AdaBoost, Kstar, RF, SMO, NB, XCS</i>	Próprio	Não utilizado

## 3. METODOLOGIA

Esta seção dedica-se a apresentar a fonte dos *datasets* bem como a forma como foram usados para treinar os classificadores e suas métricas de avaliação.

O conjunto de dados utilizado nesta pesquisa está presente no site *Kaggle* denominado “*Phishing Legitimate Full.csv*”, e segundo o autor, existem 5000 endereços de sites *Phishing* e 5000 endereços de sites legítimos que foram coletados de janeiro a maio de 2015 e de maio a junho de 2017 através de uma técnica de extração aprimorada chamada “*Selenium WebDriver*” que é empregada aproveitando a estrutura de automação do navegador. Foram 50 recursos extraídos de páginas web, separados no modelo de coluna para que se façam treinamento e avaliação deles através dos classificadores.



Figura 1. Esquema geral da realização dos experimentos

Os classificadores explicados na Seção 2 foram usados, um a um, treinados e aplicados ao conjunto de dados adotado e um modelo de validação cruzada foi usado para avaliar cada modelo, medindo a precisão de classificação dos algoritmos classificadores (como representado na Figura 1). Seu funcionamento se resume em receber um conjunto de dados com pontuações geradas pelo modelo de validação, contendo assim um conjunto de métricas para avaliar o padrão dos resultados. Neste trabalho foi utilizado o modelo de validação cruzada *hold-out* que dividiu os dados em 75% treino e 25% teste, técnica estatística que tem como objetivo minimizar o *overfitting* durante a fase de treinamento.

Para tanto foi construída a matriz de confusão, identificando todas as possibilidades de comparação entre a classificação dos sites pelo sistema e seu *status* real (fraudulento seria a anomalia e confiável o normal). Nela são identificadas as quantidades de taxas de Verdadeiro Positivo (*True Positive, TP*), ou seja, toda vez que o tráfego é classificado como anômalo e realmente apresenta uma anomalia. As taxas de Verdadeiro Negativo (*True Negative, TN*), quando o tráfego é classificado como normal, sem anomalias. As taxas de Falso Positivo (*False Positive, FP*), quando o tráfego é classificado como anômalo sendo normal. E as taxas de Falso Negativo (*False Negative, FN*) quando o tráfego é classificado como normal, sendo anômalo. A matriz de confusão é apresentada de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Matriz de confusão no contexto da segurança da informação

	Previsão		
		Anomalia	Normal
Tráfego real	Anomalia	TP	FN
	Normal	FP	TN

A Acurácia mede a porcentagem de amostras positivas e negativas (TP e TN), que foram classificadas de forma correta, em relação à soma de todas as amostras negativas e positivas (TP, TN, FP, FN). Ela é explicada pela Equação 9:

$$Acurácia (ACC) = \frac{TN+TP}{TN+TP+FN+FP} \quad (9)$$

O *recall* avalia a porcentagem de amostras positivas (TP) classificadas corretamente, sobre o total de amostras realmente positivas, ou seja, que eram realmente uma anomalia (TP, FN). O cálculo é dado pela Equação 10:

$$Reccal = \frac{TP}{TP+FN} \quad (10)$$

A precisão calcula a porcentagem de amostras (TP) classificadas corretamente, sobre o total de amostras realmente positivas, ou seja, que eram realmente uma anomalia (TP, FP). O cálculo é dado pela Equação 11:

$$Precisão = \frac{TP}{TP+FP} \quad (11)$$

A *F-measure* é a média entre a precisão e o *recall*. Ela é dada pela Equação 12:



$$F - measure = 2 \frac{Recall * Precisão}{Recall + Precisão} \quad (12)$$

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos estudos realizados pelos classificadores apresentaram valores satisfatórios na análise e detecção ao de sites fraudulentos, todos obtiveram uma precisão com valor maior que 90% em sua identificação.

A Tabela 3 exhibe os resultados registrados através do modelo de avaliação nos experimentos que foram realizados. Na primeira, o número exato de TP, TN, FP e FN; e na segunda o valor real de cada métrica: acurácia, *recall*, precisão, *F-measure*.

Tabela 3. Métricas de avaliação de cada classificador por ordem de acurácia

Fonte: Elaborado pelo Autor

Classificadores	TP	FN	FP	TN	ACC	Recall	Precisão	F-measure
<i>TC Boosted Decision Tree</i>	4996	4	1	4999	0,99950	0,99920	0,99980	0,99950
<i>TC Decision Forest</i>	4996	4	5	4995	0,99910	0,99920	0,99900	0,99910
<i>TCs Bayes Point Machine</i>	4931	69	39	4961	0,98920	0,98620	0,99215	0,98917
<i>TC Neural Network</i>	4900	100	64	4936	0,98360	0,98000	0,98711	0,98354
<i>TC Averaged Perceptron</i>	4462	538	209	4791	0,92530	0,89240	0,95526	0,92276
<i>TC Locally-Deep Support Vector Machine</i>	4373	627	121	4879	0,92520	0,87460	0,97308	0,92121
<i>TC Support Vector Machine</i>	4133	867	396	4604	0,87370	0,82660	0,91256	0,86746
<i>TC Logistic Regression</i>	3481	1519	7	4993	0,84740	0,69620	0,99799	0,82022

Entre todos os modelos testados, os que tiveram a maior acurácia foram os únicos que seguem o paradigma *Ensemble: Two-Class Boosted Decision Tree* e o *Two-Class Decision Forest*, sendo o primeiro com menos Falsos Positivos (1 em relação a 4 do *Two-Class Decision Forest*) e ambos empatados em Falso Negativos (4 para ambos). Conclui-se, portanto, que os modelos *Ensemble* são mais eficientes que os modelos simples.

A avaliação das medidas se deu com cinco casas decimais e não foi verificado 100% de desempenho, o que indicaria o *overfitting*. Em relação à precisão, foram respectivamente 0,99980 e 0,99900; repetindo o melhor resultado para *Two-Class Boosted Decision Tree*.

O classificador *Two-Class Logic Regression* foi o que registrou mais resultados Falso Negativos (total de 1519). Isso é preocupante pois nesse contexto Falso Negativo significa um site fraudulento reconhecido como sendo um site confiável.

## 5. CONCLUSÃO

A proposta presente neste estudo de utilizar técnicas de *Ensemble Learning* na detecção de sites fraudulentos apresentou excelentes resultados, os algoritmos classificadores obtiveram uma interessante porcentagem de precisão na detecção do conjunto de dados utilizados. Os classificadores e ferramentas baseadas em inteligência artificial utilizados mostraram-se muito eficientes nesse tipo de análise, onde todos obtiveram mais que 90% de precisão em seus diagnósticos de análise e dando ênfase ao *classificadores Two Class Boosted Decision Tree* que obteve 100% de precisão e acurácia e *Two Class Decision Forest* com 99,9% também em ambos os valores, mostrando em seus resultados que os classificadores que possuem algoritmos de *Ensemble Learning* trouxeram respostas melhores e mais eficazes que os demais.

Uma possível aplicação do *Two-Class Boosted Decision Tree* pode trazer benefícios enormes à área da segurança, evitando que sites fraudulentos sejam acessados por pessoas desavisadas, garantindo assim a integridade e privacidade de informações sensíveis do indivíduo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP Proc. 2021/05516-1 e UNESP n.06/2023 PROPe.

## REFERÊNCIAS

- Alabdullah, B., Alrumayh, N., Alsedrani, A., and Alswailem, A. (2019). Detecting phishing websites using machine learning. In 2019 2nd International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS), pages 1–6. IEEE.
- Aydin, M., Baykal, N., Bicakci, K., and Butun, I. (2020). Using attribute-based feature selection approaches and machine learning algorithms for detecting fraudulent website urls. In 2020 10th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), pages 0774–0779. IEEE.
- Basnet, R., Mukkamala, S., and Sung, A. H. (2008). Detection of phishing attacks: A machine learning approach. In Soft computing applications in industry, pages 373–Springer.
- Beltzung, L., Dinica, O., Hermann, N., Lindley, A., and Lindner, R. (2020). Realtime detection of fake-shops through machine learning. In 2020 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), pages 2254–2263. IEEE.
- CERT.br (2020). Incidentes reportados ao cert.br - janeiro a dezembro de 2020. <https://www.cert.br/stats/incidentes/2020-jan-dec/fraude.html>.
- Maktabar, M., Maarof, M. A., Zainal, A., and Kassim, M. N. (2017). Content-based fraudulent website detection using supervised machine learning techniques. In International Conference on Hybrid Intelligent Systems, pages 294–304. Springer.
- Nguyen, D. T. and Nguyen, H. H. (2016). Machine learning based phishing web sites detection. In AETA 2015: recent advances in electrical engineering and related sciences, pages 123–131. Springer.
- Yadollahi, M. M., Shoeleh, F., Serkani, E., Madani, A., and Gharaee, H. (2019). An adaptive machine learning based approach for phishing detection using hybrid features. In 2019 5th International Conference on Web Research (ICWR), pages 281–286. IEEE.
- Zamir, A., Anjum, A., Aslam, F., Hamdani, M., Iqbal, T., Khan, H. U., and Yousaf, N. (2020). Phishing web site detection using diverse machine learning algorithms. The Electronic Library.

# DO OPEN DESIGN À IHC ABERTA: EXPLORANDO SINERGIAS POR MEIO DE UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Fabrcio Matheus Gonalves, Alysson Prado e M. Cecılia C. Baranauskas  
*Instituto de Computaao, Universidade de Campinas, Campinas, Brasil*

## RESUMO

A filosofia *Open Source* originada na Ci4ncia da Computaao propagou sua influ4ncia em outras áreas do conhecimento com o movimento *Open-X*, atingindo várias áreas, incluindo teoria e prática do Design. Este artigo tem como objetivo identificar pesquisas existentes e estabelecer conexões entre as perspectivas de Design Aberto e Interaao Humano-Computador (IHC). Por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura, selecionamos e analisamos 49 estudos relacionados ao Design Aberto, especialmente em relaao a sistemas sócio-técnicos, reunindo diversas perspectivas e lanando luz sobre as diferenas e semelhanas em abordagens, metodologias e resultados. A seguir, discutimos resultados que podem facilitar uma melhor compreensão das lacunas existentes e do potencial para benefrcios mútuos entre Design Aberto e IHC, tais como a ampliaao das audi4ncias, o aumento de referenciais teóricos, a diversidade no feedback e na participaao, e a adoao de uma gama mais ampla de objetos digitais intermediários no design.

## PALAVRAS-CHAVE

Fenmenos Abertos, Design Aberto, Design de Código Aberto, IHC Aberta, Revisão de Literatura

## 1. INTRODUAO

O fenmeno *Open* surgiu do movimento do software livre na década de 1970, quando houve um posicionamento político contra a propriedade do código-fonte do software por meio do "Projeto GNU". Software de código aberto conforme definido por Warger (2002)  "uma abordagem para desenvolvimento de software e propriedade intelectual em que o código do programa está disponível para todos os participantes e pode ser modificado por qualquer participante" (p.11). Desde então, o conceito se expandiu para outras áreas com denominaoes como *open-data*, *open-science*, *open-governance*, recebendo o rótulo genérico "*Open-X*".

Esta filosofia foi também adotada por teóricos e praticantes do Design de produtos frcicos, chamado de forma ampla *Open Design* (OD) (Boisseau et al., 2018). Diversas iniciativas de aplicaao da filosofia ocorreram em paralelo, levando a uma diversidade de definioes e focos de interesse, por exemplo, na forma de participaao durante o processo de criaao, ou no tipo de acesso ao resultado deste processo, seus subprodutos, e na possibilidade de customizaao para atender a novos interesses. Uma das principais motivaoes para esse esforo parece ser a democratizaao do design, e as vantagens dela decorrentes.

Nesse sentido, a proposta do OD compartilha alguns princípios e práticas do design participativo (DP), bem estabelecida na comunidade de Interaao Humano-Computador (IHC) (Schuler & Namioka, 1993). A tradiao do design participativo busca garantir que os usuários finais participem do processo de design de forma democrática, trazendo conhecimento tácito e contextual para ajudar a moldar o design em direao  soluao mais significativa para todas as partes interessadas.

Neste trabalho, estamos retomando o movimento *Open* a partir de suas origens na Ci4ncia da Computaao. Mais especificamente, queremos reconhecer os avanos feitos na área de OD para acomodar aspectos sociais e tecnológicos no processo de design. Desta forma, estabeleceu-se a seguinte pergunta de pesquisa: **quais aspectos de OD presentes nas pesquisas recentes podem contribuir para estreitar o inter-relacionamento com a área de Interaao Humano-Computador?** Para respondê-la, foi realizada uma revisão sistemática da literatura (RSL) com foco em OD, visando especificamente conhecer trabalhos

que trazem experiências e conhecimentos relevantes para a pesquisa em IHC. Com base neste mapeamento conceitual do OD em relação à IHC, propomos a IHC-Aberta (*Open HCI*), ou seja, investigamos como ideias provenientes do OD poderiam contribuir a práticas de design em IHC, incluindo aspectos de usabilidade e participação de usuários e demais partes interessadas.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a próxima seção apresenta um resumo de outras revisões sistemáticas já realizadas sobre OD entre 2018 e 2019, que têm um enfoque mais generalista. Na seção 3, a metodologia da RSL conduzida neste trabalho é apresentada. A seguir, são apresentados os resultados que caracterizam o conceito e a prática de OD, atualizando a visão sobre o tema com um maior foco em aspectos humanos e tecnológicos. Por fim, a seção 5 discute estes resultados, seguida de uma seção de conclusão.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

Duas importantes RSL já foram conduzidas no sentido de melhor compreender o fenômeno do OD, são elas Boisseau et al. (2018) e Bakirliouglu & Kohtala (2019). Enquanto são contribuições importantes para a clarificação de conceitos, elas divergem do presente trabalho quanto ao escopo e aos objetivos, como veremos a seguir.

Boisseau et al. (2018) conceituam o design como a primeira fase do desenvolvimento de um produto físico como proposta de solução para um problema. Esta fase de design ocorre apenas uma vez, enquanto a fase seguinte de fabricação fornece as várias instâncias do objeto sendo criado. Essa RSL baseou-se no resultado da busca pela palavra-chave 'open-design' dentro da base bibliográfica Scopus, limitando a busca a publicações anteriores a 2016. Das 624 publicações inicialmente encontradas, restaram 106 entradas que tratavam do *open design* no sentido desejado. Estes trabalhos selecionados foram estudados segundo três categorias. A primeira, tipo de estudo, diferencia entre: relato de desenvolvimento de um produto (42 publicações), estudo de caso (29), estudo experimental (14), ou opiniões de autores (8). A segunda, tipo de produto, analisa o objeto de design estudado: sistemas digitais (32 publicações), eletrônicos (8), mecatrônicos (15), mecânicos (15) ou múltiplos/não especificados (23). Por fim, quanto ao tipo de abertura do design, reflete se a abertura se refere ao processo (8 publicações), ao produto (44), ou a ambos (41). Boisseau et al. (2018) também perceberam que não há um autor que concentre grande parte das publicações, pois dos 292 autores encontrados apenas sete publicaram mais de três artigos presentes na revisão. Da mesma forma, há um forte espalhamento entre os veículos de publicação, pois dos 91 periódicos encontrados, apenas dois publicaram mais de cinco entradas: Design Journal e Lecture Notes in Computer Science.

A segunda revisão, de Bakirliouglu & Kohtala (2019), traz uma visão mais ampla sobre o OD, dando maior atenção a IHC e outras áreas do conhecimento. Uma importante diferenciação é feita entre projetos 'abertos à participação' - quando as pessoas podem se juntar ao esforço de design em qualquer fase antes que esse processo chegue a algum resultado - ou 'abertamente compartilhado' - caso em que o processo de design é realizado por um grupo restrito de pessoas e só depois a documentação e os subprodutos das atividades são compartilhados. Para ilustrar o escopo dos artigos revisados foi apresentada uma categorização das palavras-chave dos artigos: acesso ao conhecimento (4 publicações), comunicação e organização (13), geração de ideias e detalhamento do design (25), soluções acessíveis e adaptáveis (32) e, finalmente, produção e fabricação (9 trabalhos). Essa distribuição mostra como a ideia de "open" se espalha a partir do compartilhamento de conhecimento mais abstrato, passando por processos e métodos, e chegando às etapas finais da construção física dos objetos projetados. Estes autores afirmam que muitas publicações exploram o design aberto como forma de criar alternativas preferíveis às práticas de mercado existentes, visando questões de sustentabilidade socioambiental e explorando formas alternativas de fazer negócios. Além disso, embora a maioria dos artigos fosse de áreas temáticas como design, engenharia e ciência da computação, eles também encontraram publicações de campos não convencionais, como dispositivos assistivos na área de fisioterapia ou uso de design aberto na agricultura. Segundo eles, isso sugere a disseminação da filosofia de design aberto para outros campos que perceberam vantagens potenciais nessa abordagem. Em suma, estas duas RSL indicam que à época - 2018 e 2019 - o foco do OD estava voltado para o projeto de produtos físicos, com uma tendência de se disseminar para outras áreas de conhecimento, incluindo a IHC. Entretanto, esta influência ocorria em uma granularidade bastante baixa, ou seja, alimentando atividades práticas e projetos de pequena escala. O que apresentaremos nas próximas sessões é uma RSL que busca entender como este cenário evoluiu.

### 3. METODOLOGIA

Para este trabalho adotamos o protocolo Prisma (Moher et al., 2010) como norteador, apoiado pela ferramenta Covidence. Uma expressão de busca foi construída com 3 segmentos, cada qual tentando cobrir um dos aspectos de interesse desta revisão (Figura 1, esquerda): conceitual, ou seja, sobre o OD enquanto proposta; processo, ou seja, a parte social e humana de colaboração e interação; e a parte tecnológica, ou seja, a presença computacional em algum aspecto do processo de OD. A expressão de busca foi aplicada através do meta-indexador Lens.org, sobre título, resumo e palavras-chave, filtrado entre os anos de 2010 e 2022 e texto nos idiomas inglês e português.

A Figura 1 (direita) apresenta a síntese de resultados de aplicação do protocolo Prisma neste trabalho, a partir da ferramenta Covidence. Inicialmente, a *query string* nos deu um retorno de 140 textos, dos quais foram removidas automaticamente as duplicatas (1). Então com base na leitura de título e resumo foram excluídos 65 estudos não relevantes ao estudo (apesar de passarem pela *string* de busca, ao se analisar o título e resumo não se tratavam de trabalhos sobre OD). Posteriormente, a partir da leitura do texto integral, mais 25 foram excluídos, por não serem de fato sobre OD (14 textos), terem menos de 4 páginas (4), terem outra versão mais recente incluída (4), não serem de fonte com revisão por pares (3), resultando em 49 artigos selecionados para análise detalhada.

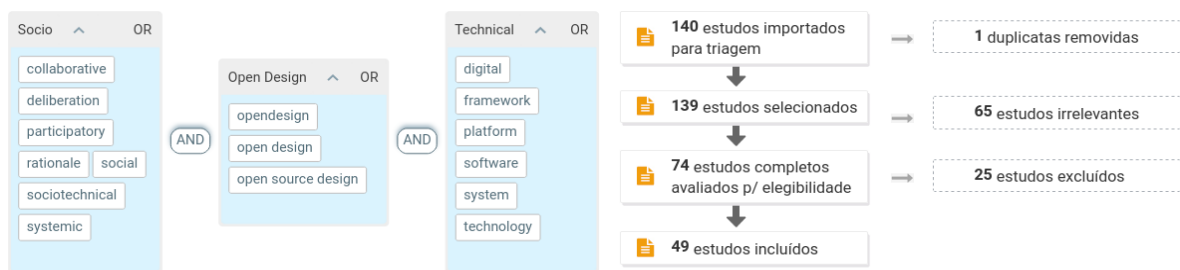


Figura 1. Expressão de busca cobrindo *Open Design* com ênfase em aspectos social e tecnológico (esquerda); Passos da aplicação do protocolo Prisma, com as quantidades de publicações envolvidas em cada etapa (direita)

Para realizar o mapeamento conceitual dos artigos selecionados, foi elaborado um formulário de extração de dados, com questões objetivas e também abertas, para orientar e homogeneizar a análise dos trabalhos pelos revisores. Por motivos de concisão do texto, as perguntas não serão detalhadas aqui, mas estão diretamente relacionadas a cada um dos itens da Seção 4 (Resultados). A lista de artigos foi então dividida em 3 grupos; no primeiro deles dois coautores analisaram individualmente os mesmos 17 artigos e o resultado de ambos foi confrontado e discutido, até que chegassem a um consenso sobre a forma de avaliar os trabalhos. Este treinamento serviu para que os próximos 2 grupos de 16 artigos fossem analisados individualmente por um coautor, sendo o resultado apenas verificado pelo outro, com alguns poucos casos marcados para discussão. Na próxima seção sintetizamos os principais resultados do processo desta RSL.

### 4. RESULTADOS

Nesta seção analisamos o resultado da aplicação do formulário de extração aos 49 artigos selecionados para estudo após a aplicação de todos os critérios de inclusão e exclusão definidos.

#### 4.1 Visão Geral

Na Figura 2 temos o gráfico que representa a quantidade de publicações em conferências, periódicos, e capítulos de livros. Podemos notar a prevalência de conferências até 2019; mais recentemente nota-se um aumento na participação de periódicos e capítulos, bem como na quantidade total de publicações. Esse resultado pode ser interpretado como um aumento na relevância com que o tema vem sendo tratado, bem como indicação de aprofundamento e complexidade das abordagens.

Quanto ao país indicado para os autores das publicações (Figura 3), foram encontradas 67 afiliações em 27 países diferentes, a Europa se destaca com 35 afiliações, sendo 11 delas no Reino Unido, seguidos por 13 afiliações no Brasil. Foram encontradas 11 colaborações internacionais, a maior envolvendo 6 países; apenas 1 artigo não teve nenhuma filiação encontrada.

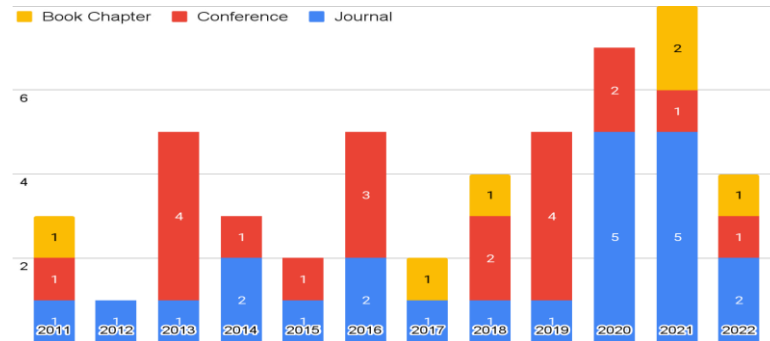


Figura 2. Distribuição do tipo de publicação por ano

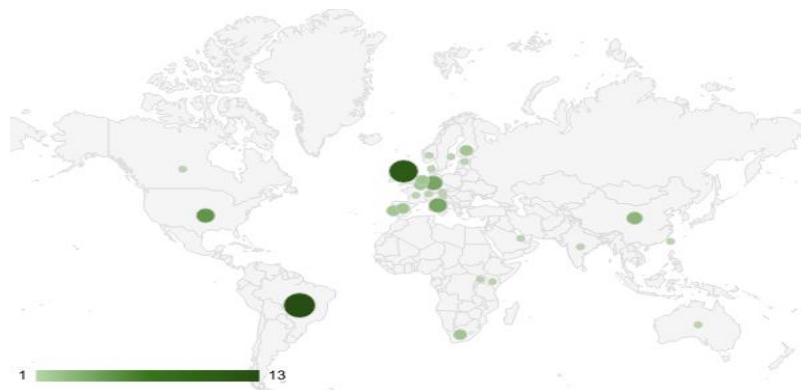


Figura 3. Mapa com as filiações dos autores

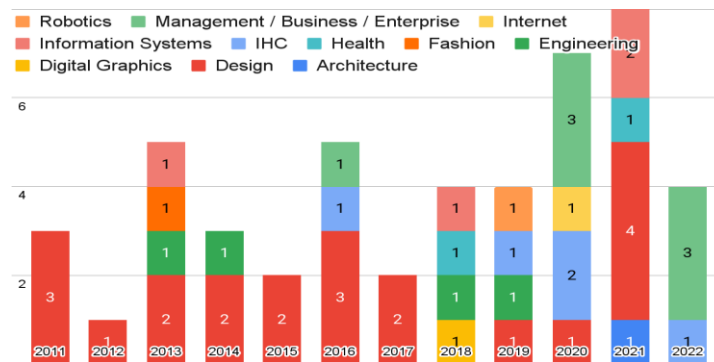


Figura 4. Distribuição das publicações por área de conhecimento do veículo da publicação e ano

A partir do título onde foi feita a publicação (nome da conferência, do periódico, ou do livro), foi feita uma classificação por área do conhecimento. Obtivemos primeiramente uma distribuição geral, onde em primeiro lugar aparece a área de Design com mais de 42% dos itens, seguida pela área de Gestão (14%), e em seguida IHC (cerca de 10%), seguidos de Engenharia e Sistemas de Informação (8% cada). Adicionalmente, se estudarmos a distribuição das áreas de conhecimento ao longo dos anos notamos a prevalência da área de

Design principalmente até 2017, quando então começa a haver uma maior pulverização entre outros setores do conhecimento (Figura 4). Paralelamente, foi feita a análise da aplicação do objeto final de design (Figura 5), independentemente de onde foi publicado o trabalho, onde o design de objetos e dispositivos relacionados à área da saúde recebeu maior destaque (24%), seguido do design de produtos (22%) e do design voltado para inovação social (16%).

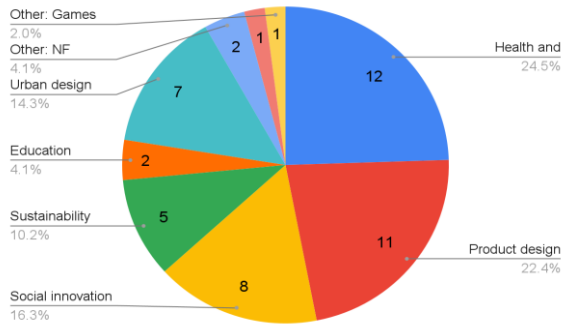


Figura 5. Área de aplicação principal do *Open Design* em cada estudo selecionado

## 4.2 Níveis de Abstração, Materialidade e Tecnologia

Para entendermos o grau de profundidade e amplitude dos estudos localizados, foi feita uma classificação do nível de abstração com que o OD é tratado. A análise é considerada de nível micro (30%) quando concentra-se nos artefatos ou produtos de design individuais; nível *meso* (30%) quando concentra-se em alguns projetos ou iniciativas de design específicos, incluindo suas estruturas organizacionais, processos de colaboração e cocriação e impacto na comunidade local; nível macro (20%) quando enxerga o panorama geral do design aberto, incluindo seus impactos sociais e econômicos, bem como seu potencial para impulsionar a inovação e a mudança social; e por fim uma análise de nível meta (20%), quando aborda o discurso mais amplo e na cultura do design aberto, incluindo os valores e princípios que sustentam o movimento, bem como os contextos sociais e políticos que moldam seu desenvolvimento e impacto. Expandindo estes números de acordo com a área de conhecimento do veículo onde cada artigo foi publicado, temos a distribuição da Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de artigos encontrados por nível de abstração e por área de conhecimento do veículo onde foram publicados

Area	Abstraction Level				Total
	Micro	Meso	Macro	Meta	
Design	4	4	3	10	21
Management / Business / Enterprise	2	3	2		7
Engineering + Robotics	2	1	2		5
IHC	2	3			5
Information Systems	2	2			4
3D modelling + Digital Graphics + Internet	1	1	1		3
Architecture + Fashion	2				2
Health		1	1		2
<b>Total</b>	15	15	9	10	49

Nesta tabela podemos ver a concentração de textos em veículos na área de design, onde aparecem todos os artigos que analisam OD em um nível meta, ou seja, concentra-se no discurso mais amplo e na cultura do design aberto, incluindo os valores e princípios que sustentam o movimento, bem como os contextos sociais e políticos que moldam seu desenvolvimento e impacto. Áreas como Gerenciamento, Negócios, Engenharia e Robótica também avançam até o nível macro, caracterizado por uma visão geral do design aberto, incluindo seus impactos sociais e econômicos, bem como seu potencial para impulsionar inovação e impacto social.

Áreas como IHC e Sistemas de Informação estão concentradas nos níveis micro e *meso* que, respectivamente, abordam o OD pelo viés de um único objeto de design, ou de um pequeno conjunto de iniciativas de design.

Para analisarmos quais objetos de design foram estudados pelos artigos, consideramos o de maior complexidade em cada texto; em 12 casos não foi encontrado nenhum objeto de design tratado diretamente. Sobre o nível de materialidade e complexidade tecnológica destes produtos, a Tabela 2 classifica os 49 trabalhos, no eixo horizontal, pelo grau de materialidade do objeto de design apresentado ou estudado (de tangível a virtual, ou híbrida quando existem ambas as modalidades), e no eixo vertical pelo nível de complexidade tecnológica (de alta, indicando presença de software ou hardware, até baixa tecnologia incluindo objetos ou conteúdo com pouca ou nenhuma tecnologia digital). Nota-se que a distribuição se concentra em abordagens de materialidade híbrida e complexidade misturada (17), mostrando que projetos abertos tendem a não se limitar a apenas uma das modalidades de materialidade ou complexidade tecnológica.

Tabela 2. Distribuição por nível de materialidade e complexidade tecnológica, outros 12 trabalhos não detalham suficientemente um artefato de design

Complexidade Tecnológica	Materialidade			Total
	Tangível	Híbrida	Virtual	
Alta (Software ou Hardware)	2	0	3	5
Misturada (Alta e Baixa)	4	17	1	22
Baixa (Objetos ou Conteúdo)	9	1	0	10
<b>Total</b>	15	18	4	37

### 4.3 Aspectos da Abertura e Participação

Uma característica importante do OD é prever a possibilidade de participação da maior diversidade possível de partes interessadas. Isso garante uma contribuição mais ampla sobre os vários pontos de vista das pessoas sendo potencialmente afetadas pelo produto sendo projetado. Na Figura 6 (esquerda), vemos a quantidade de artigos que demonstram atenção a algumas categorias de *stakeholders*. Destacam-se a presença dos designers, mas principalmente dos usuários e consumidores finais. Adicionalmente, uma parcela significativa dos trabalhos também leva em consideração outras categorias, institucionais, como a indústria, universidades, o contexto social no qual o projeto está sendo conduzido, entidades governamentais etc.

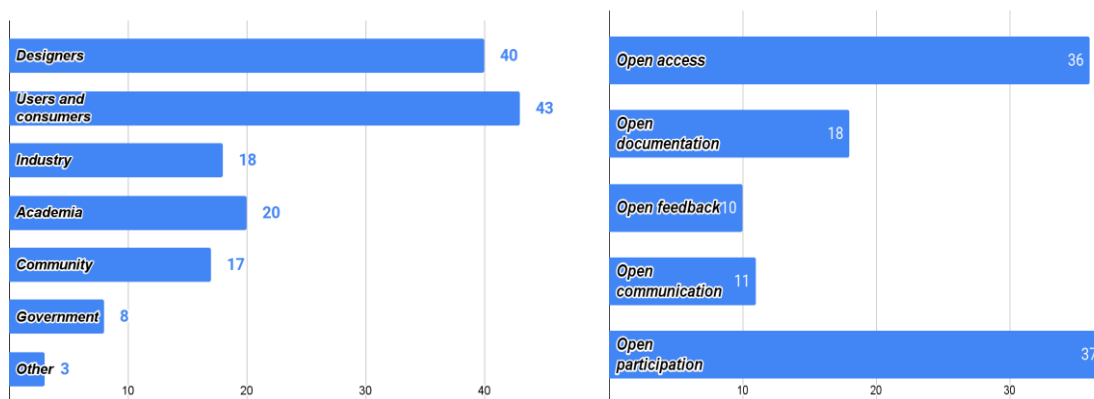


Figura 6. Partes interessadas consideradas, 46 estudos consideram pelo menos duas, sendo Designers e Usuários a combinação mais frequente (esquerda). À direita, quantitativo dos textos contendo cada um dos tipos de abertura escolhido para análise

Buscamos caracterizar as formas de abertura do design, ou seja, as possíveis modalidades de contribuição dos participantes e de circulação de informação de e para os interessados no produto de design (Figura 6, direita). Para isso, investigamos a menção de 5 aspectos: a participação propriamente dita no processo de construção, em que os *stakeholders* podem atuar diretamente sobre o objeto de design (abertura do processo); acesso aos resultados seja para uso ou modificação (abertura do produto); e também outras características



menos ressaltadas mas que foram identificada durante a revisão: feedback, que é a abertura unidirecional para que a opinião de usuários e *stakeholders* chegue aos designers; comunicação, que é a abertura bidirecional entre designers e os demais *stakeholders*, permitindo discussão e consenso; e documentação, que é a disponibilização aberta de registros do processo e produtos intermediários de design.

#### 4.4 Mapeamento Conceitual do *Open Design*

Buscando uma caracterização teórica das suas fontes, foi feita a extração da referência que mais diretamente contribuiu para caracterizar OD em cada trabalho, além da coleta de trechos com definições explícitas ou implícitas, que contribuem para uma compreensão de como as participações humanas e tecnológicas estão sendo pensadas em processos de design. Foram encontradas 22 referências relacionadas a definições ainda que implícitas de OD, sendo que 10 delas ocorreram em mais de um trabalho. A referência ao livro “Open Design Now” ou seus capítulos foi a mais frequente (9) seguida pela revisão do estado da arte de Boisseau et al. (2018) com 5 referências. Vale destacar também a *Open Design Definition* (ODF), criada através de um projeto aberto, ativo entre 2013 e 2018 no GitHub, com o intuito de formalizar uma definição através de um processo aberto e possivelmente adaptável para áreas específicas (Menichinelli, 2017).

A seguir apontamos três abordagens complementares que buscam caracterizar a multiplicidade de fontes, caminhos e resultados de acordo com o foco da abertura em projetos de design. Apresentamos ainda um modelo para ilustrar como a abordagem mais corporificada e *bottom-up* e a abordagem social e *top-down* convergem em uma abordagem híbrida caracterizada por um processo mais aberto e orgânico em um *interplay* entre estas duas perspectivas (Figura 7).

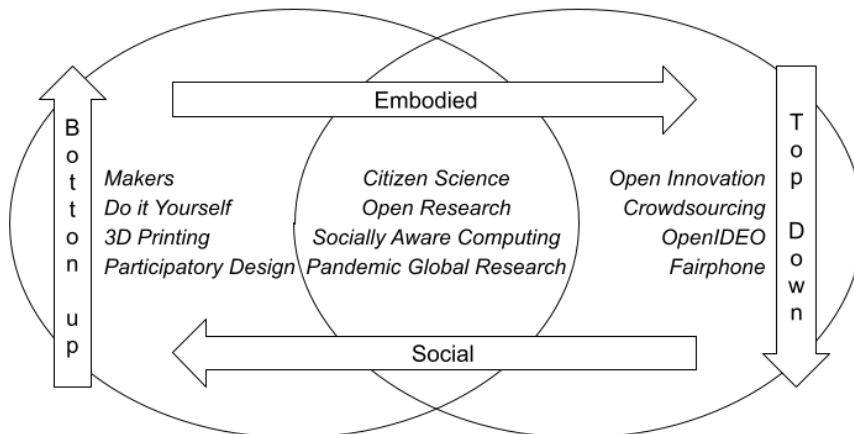


Figura 7. Três abordagens que caracterizam as diversas práticas de abertura no design: corporificada e bottom-up (esquerda), social e top-down (direita) e a enativa, radial ou rizomática (centro)

A primeira, corporificada e *bottom-up*, caracterizada por questões situadas, prática deliberada frequentemente ligada ao interesse pessoal de aprender ou descobrir algo novo (e.g. *makers*, *do it yourself*, *3D printing*, *participatory design*) constituem uma categoria em que percebemos uma tendência a um maior envolvimento corporal e ao design de objetos mais concretos (e.g. tecnologia assistiva, objetos de uso no dia a dia). É caracterizada por intervenções mais locais, e.g. espaços *maker*, oficinas de design participativo e co-design, ou mesmo no *tinkering* com objetos com variados graus de tecnologia (e.g. *do-it-yourself*) cujo design pode ser obtido adaptado e compartilhado via internet em comunidades de prática (e.g. Thingiverse). Existe um maior foco na tensão entre os papéis de usuário e designer e uma preocupação com a inclusão de não designers e com a evolução do papel do designer para meta-designer, responsável pela criação de ferramentas e templates que facilitem o envolvimento de participantes que não tenham treinamento ou conhecimentos específicos em design (De Mul, 2011). Além da computação e do design de objetos, esta abordagem atinge outras áreas, como saúde, arquitetura e urbanismo, agricultura. Como referencial teórico representativo dessa dimensão identificamos o livro *Open Design Now*, especialmente os capítulos Atkinson (3) e De Mul (2), como uma forte influência. A citação feita em um dos artigos da revisão resume a categoria, que transcrevemos a seguir:

“OD is a ‘catchall term for various on-and offline design and making activities, used to describe a design process that allows for (is open to) the participation of anybody (novice or professional) in the collaborative development of something” (Tooze et al, 2014 p. 538 apud. Phillips, 2021, p. 115).

A segunda categoria, social e *top-down*, caracterizada pelo enfoque em inovação com impacto social e frequentemente ligada a orquestração para solução de desafios globais (e.g. *open innovation*, *crowdsourcing*, OpenIDEO, Fairphone). É descentralizada, com preocupações com democratização do design, impacto social e sustentabilidade. O compartilhamento dos objetos intermediários do design que possibilitem desdobramentos e novas iniciativas é mais presente. Vemos uma preocupação com partes interessadas em um nível mais amplo, como indústria, comunidade e governo. Existe a preocupação com a criação de canais para captar ideias e feedbacks de usuários e consumidores. Um referencial característico desta categoria foi Raasch et al. (2009), além do trecho a seguir, em outro dos artigos selecionados que exemplifica essa categoria:

"Open Innovation: ‘the use of purposive inflows and outflows of knowledge to accelerate internal innovation and to expand the markets for external use of innovation, respectively” (Chesbrough et al., 2006 apud. Oosthuizen et al., 2014, p. 7).

Por fim, a abordagem enativa, radial ou rizomática, que alterna organicamente entre as duas anteriormente apresentadas, praticando um design / estratégia global e execução / sustentação local conforme as necessidade e oportunidade do contexto situado potencializado pelos espaços virtuais e comunicação instantânea via internet. Atinge novas áreas como colaborações massivas em resposta à pandemia de Covid-19 (Bernardo et al., 2021) e iniciativas no desenvolvimento de fármacos *open source* (Jha et al., 2022). Favorece o diálogo e atuação interdisciplinar alcançando o envolvimento direto ou indireto de *stakeholders* relativamente distantes do núcleo do projeto. Torna o envolvimento mais fluido, com compartilhamento e troca de papéis desempenhados em projetos abertos, como a participação ativa de leigos em pesquisas científicas abertas (Torrecilla, 2019). Um exemplo representativo deste tipo de categoria está ilustrado a seguir:

"[...] design in an open design process is found ‘in-between’, in the space between individuals. It is different from traditional design thinking, whereby the object and subject are clearly separated." (Van Der Beck, 2012 apud. Tamminen & Moilanene, 2016, p. 51).

Nestes extratos de texto, pode-se observar o conceito de OD sendo utilizado em seus aspectos mais pragmáticos e metodológicos, como acelerador de inovação de mercado, como facilitadores do acesso de novatos e comunidades de prática ao processo de criação. Também se observa o conceito como novo paradigma para o design de objetos que não se definem em identidades fixas, pré-definidas, e, portanto, levam o design a um espaço entre pessoas, dentro de uma perspectiva fenomenológica.

## 5. DISCUSSÃO

Esta RSL nos permite conhecer melhor como o princípio *Open* vem sendo aplicado em design, particularmente em estudos onde o componente humano e o componente tecnológico estão explícitos. A seguir trazemos algumas reflexões sobre os resultados obtidos.

### 5.1 Síntese de Resultados

O mapa de filiações (Figura 3) indica que há uma distribuição mundial de autores, tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento, o que demonstra não ser fenômeno localizado ou de aplicação apenas em certos estratos socioeconômicos. Indica também a força do movimento *Open* no Brasil, que tem 13 publicações ao todo.

No gráfico de barras por área de conhecimento e ano (Figura 5), podemos ver que de 2018 em diante houve uma diversificação das áreas, o que sugere a disseminação da filosofia *Open* em mais áreas de conhecimento, cientes de suas vantagens potenciais. Já na distribuição geral por área de conhecimento podemos notar que existe algum interesse de IHC e Sistemas de Informação pelo OD, mesmo que ainda de forma embrionária. Isso reforça nossa hipótese inicial de que há um caminho possível para estreitar laços entre IHC e OD com relações de benefício mútuo pelo intercâmbio de teorias, métodos e experiências.

Adicionalmente, a Tabela 1 indica que publicações da área de Design, que tem uma tradição mais longa e um maior volume de pesquisas, passaram a olhar mais conceitualmente e abstratamente para o OD, enquanto na área de IHC o OD vem sendo mostrado apenas como condutor para experiências mais concretas e pontuais, restando uma lacuna para que visões mais teóricas de OD apareçam em publicações de IHC.

Sobre o nível de materialidade e tecnologia, a Tabela 2 mostra que a maioria dos trabalhos usa mais de um nível de tecnologia e mais de um grau de materialidade, combinados. Isso pode ser uma sugestão para IHC quanto à multimodalidade de objetos de design e complementaridade com elementos físicos e/ou de baixa tecnologia. Inversamente, mostra que OD está se referindo também a artefatos virtuais e tecnológicos, onde IHC pode contribuir.

Quanto à maneira como a *openness* se manifesta nos trabalhos, temos uma quantificação (Figura 8), que nos remetem à necessidade de documentação de todo o processo de design colaborativo, para que possa haver um melhor aproveitamento dos canais comunicação e acesso para além dos códigos fontes e *blueprints* para que assim o conhecimento produzido também tenha um melhor aproveitamento. Também existe uma sugestão de criação de canais de comunicação uni ou bilaterais para que mais partes interessadas possam participar do processo de construção de artefatos, ilustrado pelo estudo da presença digital de espaços *makers* (Menendez-Blanco & Bjorn, 2019), que inclui princípios para nortear a comunicação entre as duas modalidades. Já o estudo das áreas de aplicação (Figura 6) sugere que as áreas identificadas (Saúde, Inovação Social, Urbanismo) podem ser as mais receptivas e alvos em potencial para a *Open HCI*.

## 5.2 Implicações para a IHC aberta

Com base nessa síntese de resultados e no exposto no decorrer do artigo, respondendo à pergunta de pesquisa deste trabalho, "quais aspectos de *Open Design* presentes nas pesquisas recentes podem contribuir para estreitar o inter-relacionamento com a área de Interação Humano-Computador?", podemos sintetizar alguns fatores com potencial de contribuição mútua:

- *Amplificação de Audiência.* Enquanto o OD pode beneficiar-se do envolvimento natural de pessoas em processos de design da IHC, esta por sua vez pode beneficiar-se dos níveis macro e meta de abstração do OD, presentes em outras áreas em 38,8% dos trabalhos analisados (cf. Tabela 1), para um envolvimento maior e mais diversificado de partes interessadas em processos de design da interação. Adicionalmente, em relação ao envolvimento de stakeholders, IHC tende a buscar apenas os mais próximos do produto sendo projetado (Bopp & Volda, 2020) como usuários, clientes e funcionários, enquanto nossa revisão mostra que OD se preocupa também em possibilitar o envolvimento de *stakeholders* mais externos como o governo e a sociedade (Figura 6, esquerda).
- *Amplificação de Objetos.* Outro fator trazido à tona nos resultados, refere-se ao grau de tangibilidade-virtualidade dos produtos de OD, com especial atenção aos objetos "intermediários" do processo aberto de design, que também são objetos de design e, como tal, poderiam ser analisados pela perspectiva do design da interação. Ao mesmo tempo, a vida útil de projetos e produtos de design poderiam ser prolongadas para além do escopo ou período de pesquisa, por exemplo, os artefatos pessoais desenhados em Frauenberger et al., (2016) poderiam ser adaptados por e para outras crianças dentro ou não do espectro autista considerados no estudo, ou eventualmente se tornarem produtos para fabricação pessoal ou até manufaturados por empresas locais.
- *Diversificação de Feedback.* Enquanto feedback para produtos do design são tradicionalmente elementos de contribuição de IHC, por meio de seus métodos de avaliação, a diversificação de canais presente no OD, em especial aqueles canais que possibilitam comunicação de mão dupla, podem agregar ao processo do design de interação, em diversas etapas do processo iterativo.
- *Novas dinâmicas de participação.* O OD traz uma longa tradição de comunidades auto-organizadas que contribuem para a construção de produtos, o que pode fornecer subsídios para que pesquisadores e profissionais de IHC encontrem novas formas de angariar e facilitar a participação, não só de usuários, como outras partes interessadas no design e desenvolvimento de artefatos digitais, com potencial de impacto social e sustentabilidade incluindo grandes desafios de nosso tempo (vide Fosslund & Sigurjónsson, 2016).
- *Intercâmbio de referenciais teóricos.* Enquanto por um lado o OD e em particular a comunidade *maker* podem se beneficiar de fontes mais teóricas que estruturam boas práticas com o design da interação e a usabilidade, e isto pode ser suprido por IHC (vide Lindtner et al., 2014), por outro lado

IHC pode buscar maneiras de compreender como soluções de design emergem coletivamente e organicamente ganhando “vida própria” (vide seção 4.2).

Este estudo, sintetizado nos aspectos elencados anteriormente, nos leva a uma proposta de definição de IHC Aberta (*Open HCI*) como: **o conjunto de métodos e práticas de Interação Humano-Computador instrumentalizada por conceitos e experiências vindas do *Open Design*, com o intuito de expandir os horizontes de pesquisa de ambas as áreas de conhecimento, prevendo novas modalidades de participação de usuários e de uma gama mais ampla de partes interessadas no processo de compartilhar conhecimento em design.** Enquanto campo de pesquisa, *Open HCI* incorpora em si mesma a filosofia *open* como em *Open Research*, cuja essência consiste em compartilhar abertamente não apenas resultados da pesquisa, mas também os dados, métodos, protocolos, materiais e outros elementos relacionados ao processo de pesquisa, além de estar aberta à participação em seu processo construtivo de forma interdisciplinar. Desta forma, *Open HCI* não é apenas uma área de pesquisa, mas sim uma área a ser pesquisada, não é algo pronto, mas emergente, que pode ser recontextualizada continuamente.

Por um lado, a IHC se beneficia ao incorporar os princípios do OD, como a transparência, a colaboração e o compartilhamento aberto de recursos. Isso amplia os horizontes de pesquisa e colaboração, permitindo uma participação mais diversificada de usuários e *stakeholders* no processo de design. Além disso, a IHC Aberta também se beneficia das perspectivas e abordagens inovadoras do OD, possibilitando uma criação de interações mais adaptáveis, inclusivas e socialmente conscientes. Por outro lado, o OD também se beneficia da maior integração, a IHC traz uma base teórica sólida e métodos de pesquisa estabelecidos, fornecendo um alicerce para a investigação e aprimoramento das interações entre humanos e sistemas computacionais. A colaboração com a IHC também oferece insights valiosos sobre as necessidades e expectativas dos usuários, permitindo um design mais centrado no ser humano e uma avaliação mais criteriosa dos resultados.

Conforme detectado nesta revisão, além da própria área de design, outras áreas de aplicação como saúde, inovação social e sustentabilidade também são frequentes entre os trabalhos de OD (Figura 6). Isso está em consonância com vertentes de IHC como o Design Socialmente Consciente, que se refere a uma abordagem de design que considera e aborda as questões sociais, culturais, éticas e ambientais ao criar soluções. Essa abordagem procura compreender o impacto social das decisões de design e busca ativamente promover a inclusão, a equidade, a sustentabilidade e o bem-estar das pessoas e das comunidades afetadas. Ao incorporar a ampliação da audiência, objetos e dinâmicas de participação, a IHC Aberta enriquece tanto a área de Interação Humano-Computador quanto o campo do OD, possibilitando a criação de interações mais inclusivas, adaptáveis e socialmente relevantes.

## 6. CONCLUSÃO

A filosofia *Open* contribuiu com avanços em diversas áreas de conhecimento, como desenvolvimento de software, pesquisa e design. Neste artigo, realizamos uma RSL sobre os avanços recentes em OD, buscando mais especificamente trabalhos que abordam simultaneamente aspectos técnicos e humanos. Foram extraídas informações sobre o tipo de publicação, distribuição geográfica dos autores, ano de publicação, área de conhecimento do veículo em que foram publicados, área de aplicação do OD, nível de abstração adotado pelo artigo, complexidade tecnológica do objeto de design, *stakeholders* envolvidos e formas de abertura (*openness*), e fundamentação teórica adotada. Isso permitiu compreendermos a tendência de diversificação das áreas de aplicação, em particular em direção a IHC, com diversos níveis de complexidade tecnológica nos objetos sendo desenhados e ampliação do reconhecimento de *stakeholders*.

Foi proposto então o conceito de IHC Aberta (*Open HCI*), ou seja, um movimento emergente de aproximação e benefício mútuo entre OD e IHC, em que métodos e práticas de Interação Humano-Computador são aperfeiçoados por conceitos e experiências vindas do *Open Design*, possibilitando a criação de interações mais inclusivas, adaptáveis e socialmente relevantes. Outra contribuição relevante deste estudo, resultante do mapeamento conceitual de OD, é a categorização das diversas práticas de abertura no design: corporificada e *bottom-up*, social e *top-down* e a **enativa, radial ou rizomática** (Figura 7). Uma limitação deste estudo refere-se ao uso de um meta-indexador no lugar de bases originais como fonte do levantamento inicial de trabalhos. Essa limitação, entretanto, permitiu o acesso a um número diversificado de trabalhos, que não se obtém nas bases acadêmicas clássicas. Trabalhos futuros incluem a análise de citações entre as diferentes abordagens ligadas ao design aberto usando a lente da teoria do ator-rede para ressaltar a

mediação artefactual e os vínculos entre atores humanos e não humanos. Essa iniciativa poderia expandir o universo de busca para projetos abertos além da literatura acadêmica abordando boas práticas que habilitam a colaboração aberta. Ainda, a análise conceitual realizada na Seção 4.4 poderia ser expandida abrindo caminhos para aprofundamento do *interplay*.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro fornecido pelo Gabinete do Reitor e pelas Diretorias da DGRH/Unicamp, em especial aos senhores João Carlos Curti, Everaldo Pinheiro, Cidinha Quina e Prof. Dr. Paulo Cesar Montagner.

## REFERÊNCIAS

- Bakırhoğlu, Y. & Kohtala, C. (2019). 'Framing open design through theoretical concepts and practical applications: A systematic literature review', *Human-Computer Interaction* 34, 389–432.
- Bernardo, T. M., Sobkowich, K. E., Forrest, R. O., Stewart, L. S., D'Agostino, M., Gutiérrez, E. P. & Gillis, D. (2021). 'Collaborating in the Time of COVID-19: The Scope and Scale of Innovative Responses to a Global Pandemic.', *JMIR Public Health and Surveillance* 7(2), e25935. Place: Canada Publisher: JMIR Publications Inc.
- Boisseau, É., Omhover, J.-F. & Bouchard, C. (2018). 'Open-design: A state of the art review', *Design Science* 4, e3.
- Bopp, C. & Volda, A. (2020). 'Voices of the social sector: A systematic review of stakeholder voice in HCI research with nonprofit organizations', *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)* 27(2), 1–26.
- Chesbrough, H., Vanhaverbeke, W. & West, J. (2006). *Open innovation: Researching a new paradigm*, Oxford University Press on Demand.
- De Mul, J. (2011). 'Redesigning design', *Open Design Now: Why Design Cannot Remain Exclusive*. Amsterdam: BIS Publishers .
- Fossland, A. J. & Sigurjónsson, J. B. (2016). 'The best way to predict the future is to design it', pp. 073–082.
- Frauenberger, C., Makhaeva, J. & Spiel, K. (2016). *Designing Smart Objects with Autistic Children: Four Design Exposés*, ACM, pp. 130–139.
- Jha, A., Sharma, R. R. K. & Kumar, V. (2022). 'Critical success factors for open source innovation in pharma industry: learning from two case studies', *The TQM Journal* .
- Lindtner, S., Hertz, G. D. & Dourish, P. (2014). 'Emerging sites of HCI innovation: hackerspaces, hardware startups & incubators', pp. 439–448.
- Menendez-Blanco, M. & Bjørn, P. (2019). 'Makerspaces on Social Media: Shaping Access to Open Design', *Human-Computer Interaction* 34(5-6), 470–505. Place: United States Publisher: Informa UK Limited.
- Menichinelli, M. (2017). 'A data-driven approach for understanding open design. mapping social interactions in collaborative processes on GitHub', *The Design Journal* 20(sup1), S3643–S3658.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., Group, P. et al. (2010). 'Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement', *International Journal of Surgery* 8(5), 336–341.
- Oosthuizen, G. A., Butala, S. & Böhm, S. (2014). 'Open Community Manufacturing', *Southern African Institute of Industrial Engineering* .
- Phillips, R. (2021). 'Communal Response(s). Designing a Socially Engaged Nature Recovery Network', *Disegno* (1-2), 110–140. Publisher: Disegno.
- Raasch, C., Herstatt, C. & Balka, K. (2009). 'On the open design of tangible goods', *R&d Management* 39(4), 382–393.
- Schuler, D. & Namioka, A. (1993). *Participatory design: Principles and practices*, CRC Press.
- Tamminen, P. & Moilanen, J. (2016). 'Possibility-Driven Spins in the Open Design Community', *The Design Journal* 19(1), 47–67.
- Tooze, J., Baurley, S., Phillips, R., Smith, P., Foote, E. & Silve, S. (2014). 'Open design: contributions, solutions, processes and projects', *The Design Journal* 17(4), 538–559.
- Torrecilla, F. J. S. (2019). *Citizen Science Design the role of product designers: a study case*, Insectivoros, The Design Society.
- van der Beek, S. (2012). 'From representation to rhizome: Open design from a relational perspective', *the Design Journal* 15(4), 423–441.
- Warger, T. (2002). 'The open-source movement', *Educause Quarterly* 25(3), 18–21.

# PROPOSTA DE ARQUITETURA DE UM SISTEMA INTELIGENTE PARA GESTÃO E QUALIDADE DOS GASTOS NO SETOR PÚBLICO FEDERAL BRASILEIRO

Kelly Santos de Oliveira Bezerra<sup>1</sup>, Antônio Marcio Lopes Bezerra<sup>2</sup>, Abimael de Jesus B. Costa<sup>2</sup>, Jeremias Pereira da Silva Arraes<sup>2</sup>, Lucas Teles de Alcantara<sup>2</sup> e Fábio Lúcio Lopes de Mendonça<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Pós-graduação Profissional em Engenharia Elétrica – PPEE – Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil, Zip Code 70910-900*

<sup>2</sup>*Decanato de Administração da Universidade de Brasília (UnB), Brasil*

## RESUMO

O orçamento público federal Brasileiro é o instrumento de planejamento que detalha a previsão dos recursos a serem arrecadados (impostos e outras receitas estimadas) e a destinação desses recursos (ou seja, em quais despesas esses recursos serão utilizados) a cada ano. Ao englobar receitas e despesas, o orçamento é peça fundamental para o equilíbrio das contas públicas e indica as prioridades do Governo para a sociedade. Nesse sentido, o orçamento distribuído aos órgãos do governo federal, segue um planejamento que atende a Lei n. 14535. Nos últimos anos a tecnologia possibilitou inúmeras formas de se realizar a transparência pública, destaca-se o portal da transparência e o portal de dados abertos, que apresentam os principais dados públicos aos *stakeholders*. Ferramentas de *Business Intelligence - BI*, possibilitam o acesso à informação em um formato dinâmico de dados, ofertando ao usuário um self-service de informações. No atual cenário, o contador passa a ter papel fundamental na preparação de informações contábeis e gerenciais que possam ser utilizadas tanto pelos gestores como pela sociedade. Assim, o presente artigo, tem como objetivos iniciais propor uma arquitetura inteligente de interoperabilidade de dados, ciando um *Data Lake* e como resultado a elaboração de uma estrutura de BI&A, de forma a apresentar o contador como um potencial contribuidor para melhorar a transparência publica nessa era tecnológica. O estudo apresentou que o contador pode ser uma peça-chave no avanço da transparência pública, principalmente aprimorando as suas competências relacionadas à tecnologia da informação.

## PALAVRAS-CHAVE

Dados Orçamentários, Transparência, Business Intelligence, Big Data, Informações Gerenciais, Inteligência Artificial

## 1. INTRODUÇÃO

A administração é a mais evidente forma de ação do governo, onde de um lado tem o Estado e do outro a sociedade que demanda bens e serviços públicos e cada vez mais tem participado na conduta da administração por meio da opinião pública (Wilson, 1946).

Nas últimas quatro décadas o mundo passou por mudanças aceleradas em diversos segmentos. As Tecnologias de Informação e Comunicação passaram a ser ferramentas indispensáveis na qualidade da informação disponibilizada ao público. Para Matias-Pereira (2022) a transparência, a participação da sociedade, a integridade e *accountability* passaram a ser essenciais para quem almeja atingir bons índices de governança pública.

Pilares de uma boa governança, a transparência e a prestação de contas passaram a ter uma atenção especial do contador público, que antes visto como um agente do fisco, agora passa a exercer dentro da gestão pública um papel gerencial que envolve desde o fornecimento de informações de qualidade para tomada da decisão como a elaboração de instrumentos que possam trazer uma linguagem cidadã aos usuários da informação da administração pública.

As recentes crises econômicas-financeiras, agravadas por período pandêmico e guerra, trazem na literatura mais recente uma desconfiança generalizada da sociedade em seus governantes (Matias-pereira, 2022). A sociedade mesmo desacreditada na capacidade dos governos, exige a melhoria da qualidade dos serviços

prestados pelos entes públicos. Por sua vez, a administração pública acaba respondendo com a regulamentação e a adoção de melhores práticas que visem uma melhoria do serviço público.

A transparência pública tem papel fundamental nessa comunicação do Estado com a sociedade. Para Reck, Janriê Rodrigues et al. (2021) a introdução de tecnologias digitais no setor público é frequentemente retratada como benéfica para os usuários finais. A estratégia de Governo Digital para o período de 2020 a 2022 objetiva a transformação do governo por meio de tecnologias digitais e busca oferecer mais eficiência nas políticas públicas e serviços públicos, porém deve haver o cuidado para que essa tecnologia atenda aos propósitos do controle social.

Nessa nova era tecnológica, a áreas e os profissionais acabam sendo obrigados a acompanharem a evolução e a contabilidade e o contador fazem parte desse processo evolutivo. As novas técnicas e ferramentas são abraçadas pelo contador moderno fazendo com que ele atue com um *controller* indispensável para o fomento dos pilares de boa governança. Assim, a combinação da tecnologia e contador tem proporcionado à gestão pública a disponibilização de um conteúdo contábil financeiro, por meio de ferramentas de *Business Intelligence – BI*, com uma linguagem clara e cidadã (Martin, 2002; Paiva et al., 2019)

O paradigma em atenção relaciona-se com a importância dos contadores públicos e a condição financeira dos entes federados. A condição financeira é entendida como a capacidade de um governo em continuar a fornecer serviços à comunidade e satisfazer as suas obrigações financeiras. Analisando pelo olhar contábil, a condição financeira é a capacidade de o governo gerar caixa no curto prazo para pagar suas contas. Entre as características da condição financeira estão a dimensão temporal, o ambiente econômico, obrigações financeiras implícitas e explícitas e mensuração por uma composição de variáveis (Oliveira & Costa, 2019).

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

A globalização econômica obrigou grande parte do setor privado a reformar as práticas de negócios. A reinvenção das atividades no setor privado aconteceu de forma rápida e era necessária para perpetuar sua relação com o cliente, que cada vez mais exige altos padrões de qualidade. Por outro lado, os entes do setor público foram inicialmente lentos para melhorar prestação dos serviços na era da informação (Asgarkhani, 2005).

É possível observar que nos últimos anos houve um avanço acelerado nas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs). Esse avanço da tecnologia trouxe mudanças significativas para os entes públicos, privados e para sociedade.

É de conhecimento comum que estamos na era *Big Data*. Termos como *Data Warehouse (DW)*, *Extract-Transform-Load (ETL)* e *Data Lake (DL)*, que originalmente eram de conhecimento somente do time de Tecnologia da Informação, começam a fazer parte do vocabulário dos analistas e gestores. Este fato é explicado pela inclusão desses profissionais no processo de disponibilização de informação por meio aplicações, como dashboards elaborados por meio de ferramentas de *Business Intelligence- BI*.

Ou seja, os analistas e gestores passaram ao não somente apresentar os requisitos e características dos sistemas que desejam, como a produzirem aplicações a partir dos repositórios de dados como DW e DL. Observado a importância, apresentamos os principais conceitos sobre duas grandes áreas da era *Big Data*, repositório de dados e ferramentas de análise de dados.

### 2.1 Repositório de Dados

Quando falamos de repositório de dados, dois grandes nomes ganham a cena: *Data Warehouse (DW)* e *Data Lake (DL)*. O *Data Warehouse* surgiu, para solucionar a necessidade do gerenciamento de informação organizacional nos anos 90.

Kimball e Caserta (2017) define, DW nada mais é que um sistema que extrai, limpa, organiza e entrega em um armazenamento de dados dimensional, os dados da origem, após isso dá suporte e implementa consulta e análise para que sejam tomadas as decisões.

Segundo Primak (2008), um armazém de dados, difere em sua estrutura dos bancos de dados de armazenamentos convencionais, em três pontos:

- Possibilidade de visualizar informações, modeladas que vão além dos padrões geralmente oferecidos pelos sistemas operacionais.

- Os dados são armazenados em cubo dimensional (*Online Analytical Processing*), o que permite que as informações sejam agregadas de forma ágil, possibilitando análises detalhadas.
- Tem a capacidade de extrair, tratar e unificar dados de diferentes sistemas operacionais.

Segundo Vassiliadis (2009), para criar uma coletânea de dados complexas, para um DW, faz-se necessário ter alguns cuidados com esses dados. Devido à coleta ser de várias fontes distintas, os dados provavelmente vão estar em formatos não padronizados, então por isso é necessário que os dados sejam normalizados entre eles. Após a padronização, faz-se necessário a correção dos dados, considerando que normalmente o volume de dados é grande, podem ocorrer vários erros, como escrita, falta de informação e até mesmo valores não consistentes, por isso é de fundamental importância a remoção dos erros, para que se tenha uma informação limpa e confiável. E por último, é de fundamental importância a atualização constante do armazém de dados (Vassiliadis, 2009). Esse processo é o que chamamos de *ETL (Extract-Transform-Load)*, extrair, transformar e carregar.

Enquanto o DW é caracterizado pelo processo de ETL, o *Data Lake (DL)* é mais dinâmico, o armazenamento neste tipo de repositório não necessita deste processo, possibilitando a coleta direto da fonte e deixando disponível para uso pelos analistas (Garcia, 2020).

Outro fator, segundo Santos et al. (2021), é a ingestão de dados, o DL permite banco de diversas origens, como banco de dados relacionais e NoSQL. Por essas características, o DL tem sido bastante utilizado, pois democratiza os inputs de dados e disponibiliza os dados de forma mais tempestiva.

Os conceitos parecem distantes da realidade do contador, mas esses dois repositórios são a base de duas ferramentas muito utilizadas por eles na tomada de decisão: APIs do Tesouro Nacional e o Tesouro Gerencial, que são os principais extratores de dados orçamentários e financeiros do governo federal. Os repositórios de dados citados, ainda, têm sido ferramentas muito importantes para as aplicações em *Business Intelligence*, pois a centralização dos dados possibilita o relacionamento dos mesmos, que naturalmente poderiam estar em bases diferentes, possibilitando um universo novo de cruzamentos e geração de novas informações que poderão ser utilizados na tomada de decisão.

## 2.2 Ferramentas de Análise dos Dados

Para Khatuwal e Puri (2022) em um mercado competitivo, as organizações devem buscar ser ágeis na disponibilização de dados, possibilitando um fluxo rápido e contínuo de análises que possibilitem insights para tomada de decisão. Neste contexto, para os autores, as ferramentas de BI têm se destacado, sendo utilizadas para coletar, analisar e apresentar dados, onde os gestores podem visualizar dashboards gerenciais, construídos a partir de métricas preestabelecidas.

Neste mesmo sentido, Sharda, Delen e Turban (2019) destacam que os dashboards “oferecem exibições visuais de importantes informações consolidadas e organizadas numa única tela, para que possam ser digeridas num simples relance e facilmente exploradas e aprofundadas”.

Segundo Petrini, Pozzebon e Freitas (2004), a BI pode seguir, tanto uma abordagem administrativa, quanto tecnológica, onde a primeira tem como foco principal a coleta e análise de dados, tanto de fontes internas, como externas, objetivando a geração de informações relevantes. Enquanto a segunda se atenta mais nas ferramentas tecnológicas utilizadas no processo. Mesmo com essas duas abordagens, a essência da BI, é a coleta e armazenamento para possibilitar o uso da informação, auxiliando no processo de tomada de decisão estratégica.

Então os analistas de inteligência nos negócios, se dedicam aos métodos de *Business Intelligence (BI)*, se especializando em arquiteturas, bancos de dados, aplicações e metodologias para realização de análise de dados.

Dentre as soluções de BI, a ferramenta Power Bi da Microsoft tem se destacado, principalmente por possuir uma interface simples e intuitiva, que possibilita a criação de relatórios com dados agrupados de forma rápida, bem como ter versões gratuitas, que democratiza o acesso a ferramenta (Ferreira, 2019).

## 3. INFORMAÇÕES GERENCIAIS, TRANSPARÊNCIA E TECNOLOGIA

Para Kettl (2000) se existe alguma constante no mundo globalizado, essa seria o ritmo acelerado da mudança nos governos. Pois todas as nações do mundo estão empenhadas em conquistarem um governo mais forte, para isso todos os esforços são alocados visando aumentar a eficiência dos seus processos administrativos em busca



de melhores resultados. Segundo Kettl (2000) para se ter um governo mais forte é preciso “reinventar o governo”, ou seja, é necessário fazer com o que o governo funcione melhor e custe menos.

A racionalização do trabalho no nível operacional é explicada pela Teoria da Administração Científica ou Taylorismo, que teve como percussor o engenheiro americano Frederick Wilson Taylor. A escola de Taylor estava preocupada em aumentar a eficiência da indústria por meio da racionalização da classe operária. Essa preocupação acabou definindo quatro importantes princípios a serem seguidos: Princípio do Planejamento (substituir a improvisação e a atuação empírica prática por métodos baseados em procedimentos científicos); Princípio do Preparo (selecionar cientificamente os trabalhadores e treiná-los para produzirem mais e melhor); Princípio do Controle (controlar o trabalho para se certificar de que está sendo executado de acordo com o método estabelecido) e Princípio da Execução (distribuir atividades e responsabilidades para que a execução do trabalho seja disciplinada) (Chiavenato, 2011).

Do outro lado, Henri Fayol desenvolveu a Teoria Clássica, que se preocupava em aumentar a eficiência da empresa por meio da sua organização e da aplicação de princípios gerais de administração com bases científicas. A abordagem era inversa à Teoria da Administração Científica, sendo executada de cima para baixo (da direção para execução) e do todo (organização) para seus componentes (departamento), sendo esse modelo estrutural de organização, sua principal característica (Chiavenato, 2011).

Matias-Pereira (2010b) elucida que, as últimas três décadas, diversos fenômenos foram responsáveis pelas mudanças ocorridas na sociedade contemporânea, o que exige novos modelos para melhorar o desempenho do Estado. Segundo Matias-Pereira (2010b) esse novo cenário exige dos governantes a adoção de ações inovadoras na gestão do setor público, como é o caso da governança nas organizações públicas, que apresentam similaridade com as práticas adotadas no setor privado.

Assim, na busca propagar as boas práticas e os princípios de governança pública, estabeleceu quatro dimensões básicas: Padrões de Comportamento; Estrutura e Processos Organizacionais; Controle e Relatórios Externos. A partir dessas dimensões, foram estabelecidas recomendações de boas práticas que serviram de diretrizes para todos os entes públicos.

Segundo o IFAC (2001) as entidades do setor público precisam estabelecer canais claros de comunicação com seus stakeholders sobre a missão, função, objetivos e atuação institucional, bem como implementar os procedimentos apropriados para garantir que esses canais funcionem efetivamente na prática.

Salienta-se que dimensão do Controle estabelecida pelo IFAC (2001), dá ênfase: ao Gerenciamento de Riscos (os entes públicos precisam garantir sistemas eficazes de gestão de riscos); à Auditoria Interna (os órgãos públicos devem garantir uma auditoria interna eficaz como parte da estrutura de controle); Aos Comitês de Auditoria (Os entes públicos devem estabelecer um comitê composto por membros não executivos com responsabilidade de revisão independente); ao Controle Interno (as organizações públicas devem garantir uma estrutura de controle interno seja estabelecida, que funcione na prática e uma declaração de sua eficácia seja incluída no relatório anual da entidade) e, por fim, Orçamento, Gestão Financeira e Treinamento de Pessoal (Onde os órgãos de governo precisam supervisionar e garantir a implementação de procedimentos que resultem em um orçamento e gestão financeira eficazes e eficientes e que os funcionários sejam competentes para executarem suas atividades).

Desse modo, é possível observar que a governança faz parte de um ambiente moderno da administração e que seus pilares são necessários para a boa gerência de uma organização. Assim, o contador gerencial tem um papel importante nesse cenário de mudanças, tendo em vista que ele pode propiciar as informações necessárias para o fomento de cada um desses pilares, principalmente quando sua atuação é voltada para ações como agente da transparência.

#### **4. PROPOSTA E MODELO DE ARQUITETURA**

Este trabalho tem como um dos seus objetivos realizar uma proposta de arquitetura com a utilização de tecnologias de inteligência artificial, ciência de dados com um estudo de inovações tecnológicas, na utilização de ferramentas para automação e automatização dos processos de gestão orçamentária do governo federal, como prova de conceito a Universidade de Brasília, bem como pesquisas e desenvolvimento de ferramentas de BI, dentre outras tecnologias, com ênfase na interoperabilidade de sistemas e na gestão corporativa de processos, financeiros e gestão orçamentária.

Dessa forma, a arquitetura proposta na figura 1 foi baseada em 3 grandes fases, que descreve a) Mapeamento dos Dados de diversas fontes, b) Obtenção e Armazenamento dos Dados (*storage*), c) Gestão dos Dados Mestres, d) Análise de Dados e Apoio a decisão BI.

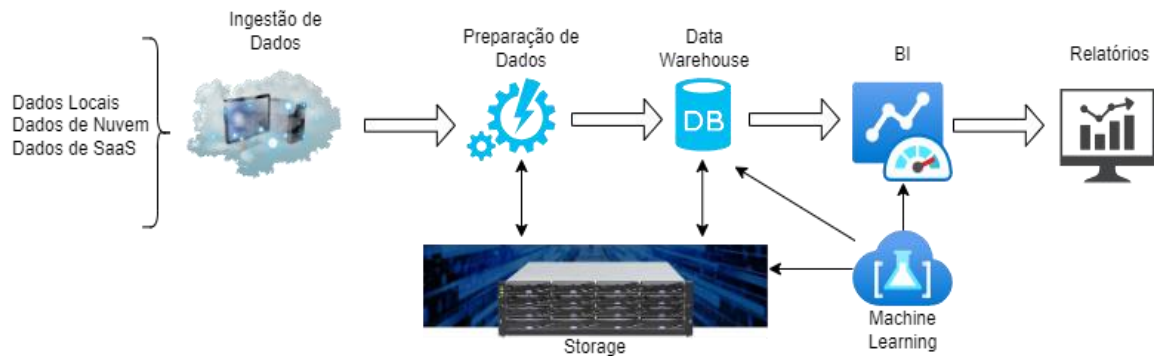


Figura 1. Proposta de Arquitetura

Para a coleta de dados, foi projetado e prototipado um modelo de sistema com um conjunto de *Software* composto por um módulo principal de coleta dos dados, que utiliza diversas fontes de informações, gerada a partir de dados abertos e de um modelo de interoperabilidade de dados gerenciais. Tais informações são processadas, através um DW e disponibilizadas através de uma ferramenta de BI, consequentemente produzindo relatórios gerenciais para toda de descrição, conforme pode se observar na figura 2.

Esse modelo (Figura 2) é controlado por um módulo de coleta desenvolvido em linguagem de programação Python, visando a coleta dos dados de diversas fontes de dados, sendo organizado e disponibilizado através de ferramentas de BI, onde o usuário visualiza as informações por meio de dashboards construídos com a utilização da ferramenta Power BI. Entretanto, já vem sendo desenvolvido funcionalidade que conduz o gestor a acompanhar o orçamento identificando quando e como utilizar os recursos disponíveis. Todas as informações são disponibilizadas por meio de um servidor principal.

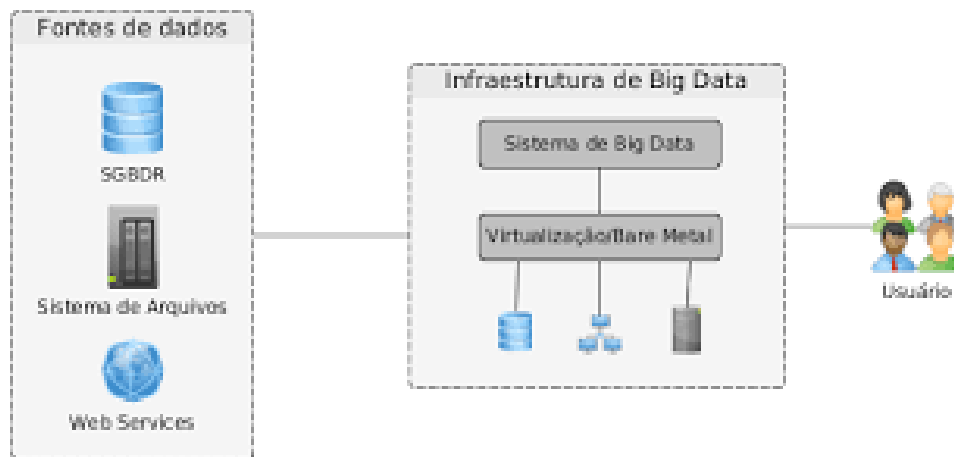


Figura 2. Arquitetura de coleta e disponibilidade dos dados

O servidor é responsável por receber os dados, realizar validação, processamento e armazenamento. A aplicação, que opera on-line, foi desenvolvida em PHP 7.4 sob o *framework Codeigniter*, utiliza base de dados SQL e está disponível na estrutura cloud da Amazon AWS. Os dados são trafegados na base de dados por meio de protocolos HTTP, escolha feita visando a escalabilidade da plataforma para conexões em massa de diversas fontes de dados.

## 5. TESTES E RESULTADOS

Os testes e resultados deste trabalho foram realizados a partir da seleção de informações em fontes com dados abertos inicialmente da universidade de Brasília. No segundo momento, esses dados são minerados e extraídos para uma base multidimensional a partir daí os dados são coletados e processados por meio de ferramentas de *ETL - Extract Transform Load*. Em seguida, foi utilizado modelos estatísticos, identificado os dados necessários para tomadas de decisão.

Para simplificar a análise de dados, a tabela 1 apresenta uma amostra de 10 tipos de dados de uma mesma Unidade Gestora. Esses dados foram analisados com alguns parâmetros visando identificar o tipo de gasto para cada Unidade Orçamentária e Unidade Gestora.

Tabela 1. Comparativo de dados projetados e medidos

Unidade Orçamentária	UG Executora	Processo SEI	Valor da Dotação
02101	154040	23106.119940/2021-21	749.387,31
11101	154040	23106.136764/2019-78	223.392,78
11101	154040	23106.094581/2022-73	234.666,66
11101	154040	23106.094581/2022-73	45.833,32
11101	154040	23106.036369/2022-91	4.166,66
11101	154040	23106.036369/2022-91	703.701,08
11101	154040	23106.079437/2022-15	134.794,25
11101	154040	23106.085416/2022-21	49.504,54
11101	154040	23106.119940/2021-21	32.108,80
02101	154040	23106.136764/2019-78	1.101.589,20

Para fins práticos, a tabela 1 mostra uma parte dos dados coletados e já extraídos para que sejam colocados nas ferramentas de *BI*, identificando os insumos na tomada de decisão. Observa-se que os dados seguem um padrão, apesar de possuírem um pico ao longo da série, com isso, temos uma sazonalidade constante, resíduos que foram de fato afetados pelo pico, mas que também possuem uma característica de constante.

Para iniciar a modelagem de dados, utilizou-se ferramentas de *BI* para análise e coleta dos dados, visando determinar os fatores de correção a serem utilizados nos modelos. Conforme demonstrado na Figura 6, as informações são sistematizadas por meio de um dashboard com os dados minerados e disponibilizados para consultas rápidas que facilitam o controle gerencial e o acompanhamento da qualidade dos gastos.

A escolha deste cenário demonstrado na figura 4 possibilitou a validação deste trabalho, mostra a execução orçamentária e financeira da Universidade de Brasília (prova de conceito) com as notas de dotação de todas as Unidades Gestoras, distribuídos por tipo de despesa, separado por departamento e organizado por ano de execução. Todas as informações têm como objetivo garantir a transparência na execução financeira dos órgãos públicos.

Ressalta-se que o orçamento público do Governo Federal brasileiro segue o mesmo padrão, logo, como a prova de conceito foi utilizada a Universidade de Brasília, o mesmo modelo da solução apresentada poderá ser replicado em qualquer entidade pública federal, tendo potencial para expandir em nível estadual e municipal. Tendo em vista que os entes federados e seus poderes seguem os mesmos padrões orçamentários.

Neste contexto a solução apresentada inova ao explorar as potencialidades da ferramenta do *Microsoft Power Bi* no contexto do setor público, principalmente na promoção da transparência. Além da transparência, a ferramenta possibilita a análise dos gastos públicos, proporcionando aos gestores cenários e informações que contribuem na tomada de decisão, melhorando, por consequência, a qualidade dos gastos públicos.

O fortalecimento da transparência pública esteve no centro das discussões na última década em que diversos países aprovaram Leis de Acesso à Informação, com a finalidade de assegurar a transparência e reforçar a *accountability* democrática. O Brasil, por meio da Lei n. 12.527/2011, se tornou naquele exercício o 89º país a adotar uma Lei de Acesso à Informação Pública para todos os entes da federação e todos os seus poderes (Angélico, 2012).

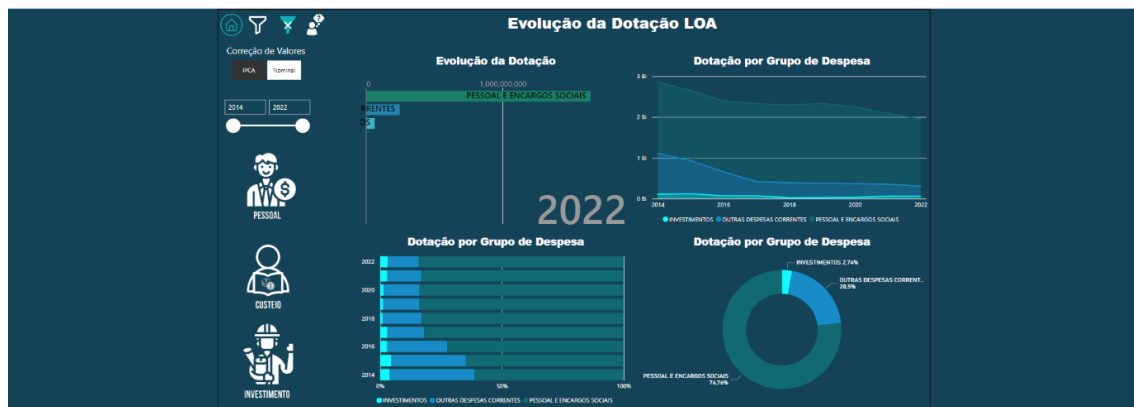


Figura 3. Gráfico de resultados de decomposição

## 6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Com base nos estudos e experimentos realizados utilizando o modelo de arquitetura proposto, foi possível identificar seus principais prós e contras, complexidade de implementação e particularidades em relação à criação e validação. Outrora a ciência de dados teve um papel significativo, o que possibilita maiores ideias de relacionamento e cruzamento de dados, possibilitando análises que talvez não sejam percebidas pelo time de tecnologia da informação.

Além do contador, os avanços da tecnológicos, teve um papel importantíssimo para uma estrutura de repositórios de repositório de dados, como *Data Warehouse (DW)* e *Data Lake (DL)*, que possibilitam uma melhor disponibilização de dados, onde diversas interfaces que podem embasar as análises necessárias à sua realidade, bem como tecnologias de *Business Intelligence (BI)* que possibilitam a mensuração e análise de processos de forma dinâmica, fácil e ágil.

Neste sentido, os resultados esperados foram adquiridos, ainda pode-se fomentar o debate e demonstrar o papel do contador público como agente de transparência na era *data public*, visando, servir como inspiração para futuros e mais aprofundados estudos sobre o tema, além de aludir a relação da tecnologia, contabilidade e transparência. Além disso, a solução apresentada melhora os processos dentro das organizações públicas, haja vista que traz eficiência aos processos de transparência, deixando as informações disponíveis ininterrompidamente sem a necessidade de intervenção humana para cada requisição de informação, bem como sendo uma solução escalável, de fácil acoplamento e de baixo custo.

Como trabalhos futuros, há necessidade de reflexão sobre o status quo do uso de informações gerenciais aplicadas na gestão das finanças públicas no Brasil. Assim, como aplicação prática, para análise da condição financeira governamental, modelos preditivos para avaliação da saúde financeira da União, de estados e dos municípios, existentes na literatura, podem ser divididos em três orientações, modelos fechados, abertos e quase abertos. Esses modelos permitem análise sobre as perspectivas da saúde financeira (condição financeira) com o uso das seguintes técnicas: (a) análise do ambiente fiscal; (b) equações simultâneas; (c) análise de regressão; (d) análise binária; (e) análise de tendência; (f) rankings com base em indicadores compostos; (g) análise de indicadores e (h) análise de conteúdo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio técnico e computacional do Laboratório LATITUDE, da Universidade de Brasília, ao CNPq - Conselho Nacional de Pesquisa (Outorgas 312180/2019-5 PQ-2 e 465741/2014-2 INCT em Cibersegurança), a Advocacia Geral da União (Outorga AGU 697.935/2019), ao TED 01/2019 “Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica, na área de concentração: Segurança Cibernética – 1ª Turma para Profissionais do Setor de Inteligência” ao Decanato de Pesquisa e Inovação - DPI (Outorga 7129

FUB/EMENDA/DPI/COPEI/AMORIS) ao Projeto SISTER City –Sistemas Inteligentes Seguros e em Tempo Efetivo Real para Cidades Inteligentes (Outorga 625/2022) e a FAP/DF.

## REFERÊNCIAS

- Angélico, F. (2012). *Lei de acesso à informação pública e seus possíveis desdobramentos para a accountability democrática no Brasil* (Doctoral dissertation).
- Asgarkhani, Mehdi (2005). Digital government and its effectiveness in public management reform: A local government perspective. *Public Management Review*, v. 7, n. 3, p. 465-487, 2005.
- Chiavenato, Idalberto (2011). *Introdução à teoria geral da administração*. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- Ferreira, Maria C. (2020). *Power BI@ 2019 – Aprenda de Forma rápida*. Editora Saraiva, 2020. E-book. ISBN 9788536533872. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536533872/>. Acesso em: 17 out. 2022.
- Garcia, Enzo Viviani (2021). *Estrutura e características de um sistema de business intelligence baseado em data lake em uma empresa do setor de energia*. Trabalho de Graduação do Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, p. 45.
- Kettl, Donald F. (2000). *The global public management revolution: A report on the transformation of governance*. Brookings Institution Press.
- Khatuwal, Vishnu Singh & PURI, Digvijay (2022). Business Intelligence Tools for Dashboard Development. In: 2022 3rd *International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)*. IEEE, 2022. p. 128-131.
- Martin, Nilton Cano (2002). Da contabilidade à controladoria: a evolução necessária. *Revista Contabilidade & Finanças*, v. 13, p. 7-28.
- Matias-pereira, José (2010b). A governança corporativa aplicada no setor público brasileiro. *Administração Pública e Gestão Social*, v. 2, n. 1, p. 109-134.
- Matias-pereira, José (2022). *Governança no Setor Público: Foco na melhoria da gestão, transparência e qualidade dos serviços públicos*. EnANPAD. 2022. Disponível em: <http://anpad.com.br/uploads/articles/120/approved/6e0917469214d8fbd8c517dcdc6b8dcf.pdf>. Acesso em: 16/10/2022.
- Oliveira, V. R. F. & Costa, A. J. B. (2019). Controladoria Governamental: Teorias do Campo Científico e Princípios Filosóficos Subjacentes. In: XIX USP International Conference in Accounting, 2019, São Paulo. *XIX USP International Conference in Accounting*. FEA: USP, 2019.
- Paiva, Tharlya Alves et al. (2019). *O Impacto da tecnologia na profissão de contador*. In: Conexão Unifametro, Fortaleza-CE, 2019. Disponível em: <https://doity.com.br/media/doity/submissoes/5da53475-5164-4afe-975f-41e943cda1d7-1--aps-conexao-resumo--tharlya-e-mariana--orientadora-liliana-lacerdapdf.pdf>. Acesso em: 20/09/2022.
- Petrini, Maira; Pozzebon, Marlei & Freitas, Maria Tereza (2004). Qual é o papel da inteligência de negócios (BI) nos países em desenvolvimento? Um panorama das empresas brasileiras. *Anais do 28º ENANPAD*, Curitiba–PN, v. 200.
- Primak, Fábio Vinícius (2008). *Decisões com bi (business intelligence)*. Fabio Vinicius Primak.
- Ralph Kimball & Joe Caserta (2004). *The Data Warehouse ETL Toolkit: Practical Techniques for Extracting, Cleaning, Conforming, and Delivering Data*. Canada: Wiley Publishing, Inc.
- Reck, Janriê Rodrigues & Hübner, Bruna Henrique (2021). A transformação digital do estado: digitalização do governo e dos serviços públicos no Brasil. *Revista Eletrônica Direito e Política*, v. 16, n. 3, p. 1075-1096.
- Santos, Roger Robson; Bordin, Maycon V.; Nunes, Sergio E. et al. (2021). *Fundamentos de Big Data*. Grupo A, 2021. E-book. ISBN 9786556901749.
- Sharda, Ramesh; Delen, Dursun & Turban, Efraim (2019). *Business Intelligence e Análise de Dados para Gestão do Negócio-4*. Bookman Editora.
- Vassiliadis, Panos (2009). A survey of extract–transform–load technology. *International Journal of Data Warehousing and Mining (IJDWM)*, v. 5, n. 3, p. 1-27.
- Wilson, Woodrow (1946). O Estudo da Administração. *Revista do Serviço Público*, v. 2, n. 2, p. 43-55.

# PLATAFORMA WEB PARA DISPONIBILIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO SOBRE PONTOS DE INTERESSE PARA TURISMO INCLUSIVO

Aruna Camará<sup>1</sup>, Fernando Reinaldo Ribeiro<sup>2</sup> e José Carlos Metrôlho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto Politécnico de Castelo Branco*

*Avenida do Empresário, Castelo Branco, Portugal*

<sup>2</sup>*DiSAC—Research Unit on Digital Services, Applications and Content,  
Instituto Politécnico de Castelo Branco*

*Avenida do Empresário, Castelo Branco, Portugal*

## RESUMO

As aplicações informáticas que promovem o turismo em geral e, em particular, o turismo inclusivo assumem um papel importante na promoção e no apoio das atividades associadas a este setor. No caso do turismo inclusivo, o seu papel é ainda mais relevante pois os turistas com algum tipo de limitação, ou restrição, têm necessidade de ter acesso a informação fiável acerca das condições de acessibilidade dos locais que pretendem visitar, antes de realizarem as suas escolhas e reservas. Neste artigo apresenta-se uma plataforma web para integração, gestão e disponibilização de informação para turismo inclusivo, que tem por objetivo integrar informação sobre pontos de interesse turístico, e as respetivas características da acessibilidade, com o propósito de facilitar a consulta desta informação, permitindo escolher locais que possuam os serviços e/ou infraestrutura adequados à sua condição. Além disso, esta disponibiliza informação através de serviços web para que possa ser utilizada por outros desenvolvedores de aplicações na área do turismo inclusivo, potenciando assim o desenvolvimento de novas aplicações. A experimentação do consumo destes serviços, disponibilizados pela plataforma, é demonstrada através do desenvolvimento de uma aplicação móvel que usa a informação da plataforma.

## PALAVRAS-CHAVE

Aplicação Web, Informação Turística, Turismo Inclusivo, *Webservices*

## 1. INTRODUÇÃO

O turismo é um setor de grande importância social e económica. Contribui para a criação de novas oportunidades de negócio e para o aumento da produção de bens e serviços. De acordo com o *World Travel and Tourism Council*, no relatório “*Travel & Tourism: Economic Impact 2016*” (World Travel and Tourism Council, 2016), o crescimento do setor de viagens e turismo em 2015 ultrapassou o crescimento da economia global e de vários setores importantes. Antes da pandemia, o setor de Viagens e Turismo (considerando os seus impactos diretos e indiretos) era responsável por 1 em cada 4 novos empregos criados em todo o mundo, 10,3% de todos os empregos e 10,3% do PIB global (World Travel and Tourism Council, 2021). Com o retomar da atividade económica após a pandemia, é expectável que este setor de atividade económica volte a ganhar forte relevo para as empresas e turistas.

Como consequência desta importância, tem-se verificado um crescente interesse no desenvolvimento de iniciativas que promovam o turismo em geral e, em particular, o turismo inclusivo. Os benefícios decorrentes destas iniciativas podem trazer vantagens para todos os intervenientes no processo. No entanto, apesar desta atenção, a atividade turística continua a apresentar muitas restrições para as pessoas com algum tipo de incapacidade ou limitação, havendo ainda muito a fazer nesta área. Os turistas com algum tipo de limitação ou restrição têm necessidade de ter acesso a informação fiável acerca das condições de acessibilidade dos locais que pretendem visitar, bem como onde se pretendem alojar, antes de realizarem as suas respetivas escolhas e reservas. Torna-se, por isso, necessário tornar acessível informação útil e específica para este público-alvo, assim como melhorar os canais de comunicação e a forma como esta lhes é apresentada.

Neste artigo descreve-se o desenvolvimento de uma plataforma web para integração, gestão e disponibilização de informação para turismo inclusivo. Trata-se de uma plataforma que permite às entidades turísticas inserir e caracterizar os seus pontos de interesse, *Point of Interest* (POI), e permite aos visitantes fazer pesquisas personalizadas incluindo também as características de acessibilidade de cada POI. Além disso, a plataforma disponibiliza serviços web que podem ser utilizados por desenvolvedores de aplicações informáticas sobre turismo inclusivo, para acesso à informação disponibilizada pela plataforma.

Além do enquadramento e motivação, apresentados nesta secção inicial, na secção 2 são apresentados o objetivo e os requisitos principais da plataforma aqui descrita. A secção 3 apresenta uma análise de trabalhos que apresentaram abordagens com algumas semelhanças às desta plataforma. A secção 4 apresenta a plataforma desenvolvida e nomeadamente algumas das funcionalidades implementadas. A utilização dos serviços web disponibilizados pela plataforma é exemplificada por intermédio da implementação de uma aplicação móvel descrita na secção 5. Por fim, na secção 6 são apresentadas conclusões e identificadas algumas linhas de trabalho futuro.

## 2. OBJETIVO E REQUISITOS PRINCIPAIS

Esta plataforma para integração, gestão e disponibilização de informação de turismo inclusivo pretende permitir a gestão integrada e colaborativa de locais e pontos de interesse. Estes são caracterizados em termos da sua acessibilidade, ou seja, com informação útil para utilizadores com várias tipologias de incapacidade (e.g., motora, auditiva, visual, etc.). Na conceção desta plataforma, foram vários os objetivos e requisitos considerados para que o resultado seja uma mais-valia para o público-alvo da mesma. Mais especificamente, a plataforma pretende:

- Fornecer suporte para que os operadores turísticos possam gerir os seus pontos de interesse e as suas características de acessibilidade;
- Identificar e classificar os pontos de interesse (hotéis, museus, restaurantes, locais de interesse turístico, etc.) e as suas características de acessibilidade de acordo com vários tipos de restrições, nomeadamente: motora, visual, auditiva, alergias e intolerâncias, etc.;
- Permitir que os utilizadores da plataforma (turistas) façam pesquisas personalizadas de acordo com as suas necessidades e características de acessibilidade e visualizem os resultados em listas e mapas;
- Disponibilizar um conjunto de serviços web que permitam acesso a informação da plataforma por quem desenvolve aplicações para a área do turismo inclusivo;
- Permitir aos gestores da plataforma administrar os utilizadores e as suas permissões, no que respeita aos serviços disponibilizados.

Um POI é caracterizado por um conjunto de atributos gerais (Nome; Descrição; Coordenada latitude; Coordenada longitude; Identificação da localidade; Horário de abertura; Horário de fecho; Identificação do tipo do ponto de interesse (p. ex. alojamento, restaurante; lazer e cultura; etc.); Identificação do utilizador que criou o POI) e ainda uma caracterização da sua acessibilidade. A acessibilidade de cada POI é caracterizada respondendo a um conjunto de questões para cada uma das áreas (p. ex. Estacionamento; Entrada principal; Elevadores; Escadas; Casas de banho; etc.) associadas a esse tipo de POI. A título de exemplo, indicam-se a seguir as questões associadas à acessibilidade de um estacionamento, as quais devem ser respondidas com sim/não/não aplicável:

São disponibilizados lugares de estacionamento específicos para pessoas com limitações?

O caminho do parque de estacionamento para a entrada tem escadas?

O caminho do parque de estacionamento para a entrada é plano (sem escadas)?

O caminho do parque de estacionamento para a entrada tem rampa para cadeira de rodas?

Várias áreas permitem a caracterização de acordo com diferentes características de acessibilidade. Por exemplo, a caracterização do elevador inclui questões relacionadas com limitações motoras e visuais.

### 3. TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta secção apresenta-se uma análise de artigos publicados, que abordam idênticos objetivos, nomeadamente o projeto e/ou desenvolvimento de plataformas para integração, gestão e disponibilização de informação para turismo inclusivo.

#### 3.1 Metodologia e Seleção dos Trabalhos

Para procurar e identificar trabalhos relacionados foram realizadas pesquisas usando diferentes palavras-chave (*platform, framework, inclusive, tourism*) na base de dados científica *Scopus* e usando motores de busca.

Na base de dados *Scopus* usaram-se as palavras-chave, *platform, framework, inclusive, tourism*, sendo procuradas nos campos de termos do título, palavras-chave e resumo. Foi usada a seguinte *string* de pesquisa: (*platform OR framework*) *AND tourism\* AND web AND (integrat\* OR common)*

A aplicação desta *query* permitiu obter inicialmente um total de 285 resultados. Após a leitura do título e resumo de cada um dos artigos, foram eliminados os artigos que não se enquadravam, obtendo-se no final um total de 2 artigos. Este resultado mostra que embora exista um número significativo de trabalhos que abordam informação turística, poucos deles (apenas 2) abordam especificamente plataformas que permitam a integração e gestão de informação sobre turismo inclusivo e a sua disponibilização para que possa ser utilizada por outras aplicações. Embora tenham sido realizadas pesquisas usando diferentes palavras-chave e diferentes combinações, na base de dados *Scopus*, estas não permitiram encontrar mais artigos que fossem relevantes para o estudo. Assim, efetuaram-se pesquisas em motores de busca na tentativa de encontrar mais trabalhos relacionados. Com esta pesquisa foram encontrados mais 2 artigos para estudo que foram adicionados aos trabalhos a analisar. Foram assim selecionados para análise detalhada 4 estudos.

#### 3.2 Análise dos Trabalhos

O trabalho descrito em (Ribeiro et al., 2018) propõe uma *framework* para potenciar o desenvolvimento de aplicações de turismo inclusivo destinada a apoiar pessoas com algum tipo de limitação/restricção. A abordagem proposta baseia-se na utilização de uma base de dados comum para armazenamento de informação de pontos de interesse turístico de vários tipos tais como (hotéis, restaurantes, museus, monumentos e outros pontos de interesse turístico) e a sua caracterização em termos de acessibilidade por pessoas com algum tipo de restrições (e.g., motoras, visuais, auditivas). O objetivo é agregar na mesma aplicação a informação sobre os pontos turísticos de uma determinada região e disponibilizar essa informação para ser usada por desenvolvedores de aplicações móveis através de serviços web específicos, potenciando assim o desenvolvimento de novas aplicações. A aplicação apresentada suporta várias funcionalidades associadas à gestão de utilizadores, nomeadamente operadores turísticos, desenvolvedores de aplicações e turistas. No entanto, segundo os autores da mesma, a abordagem foi ainda apenas parcialmente implementada, faltando funcionalidades relacionadas com o apoio aos operadores turísticos e também relacionadas com a disponibilização da informação a terceiros.

No artigo (Lopes et al., 2019) é apresentado um sistema de informação turística que disponibiliza um módulo de administração e uma API. O seu objetivo é promover o desenvolvimento de aplicações de terceiros com base em dados previamente estruturados, validados e disponibilizados numa fonte comum centralizada de informação aberta. Para facilitar o desenvolvimento de aplicações, novas ou já existentes, o sistema disponibiliza algumas funcionalidades, tais como: informação de POI, recomendação de rotas, entre outras. Também foi incluída a capacidade de realizar recomendações personalizadas de rotas turísticas.

A aplicação descrita em (Pereira et al., 2015) propõe vários itinerários que incluem POI e eventos, obtidos do servidor do município, e que o utilizador turista pode optar por seguir. A aplicação acede ao servidor para obter os detalhes do itinerário, recebendo como resultado uma descrição textual, links para imagens, a lista de POI (e.g., sala de concerto, museu) a ser visitados. Esta plataforma, que designam de CitySDK, é de código aberto e utiliza uma base de dados não relacional “mongoDB”. Disponibiliza uma API REST (*Representational State Transfer*) para acesso aos dados. A função disponibilizada implementa vários métodos para acesso aos dados, com base em certos parâmetros comuns entre POI (Eventos e Itinerários), como tipo ou descrição. Foram desenvolvidos módulos adaptadores de dados para obter os dados brutos, a partir de outras fontes de dados, no seu formato nativo (XML, JSON, CSV...), e fornecê-los como informação turística. Foram



desenvolvidos vários modelos para acesso à informação, cada um com uma identificação (especificada por um URL e ID) que permite obter informações sobre esse modelo específico.

O trabalho descrito em (Isabel Vieira et al., 2022) propõe uma fonte de informação comum e um conjunto de serviços web para permitir a gestão eficiente da informação e a sua disponibilização para ser utilizada por terceiros, tais como desenvolvedores de aplicações web e móveis. Um dos objetivos é promover o desenvolvimento de aplicações de terceiros com base em uma fonte de informação comum, centralizada e aberta. Para isso, propõem a implementação de uma API para fornecer acesso a informações padronizadas sobre POI, eventos e itinerários. Esta abordagem foi aplicada na região do Douro em Portugal.

A análise das 4 aplicações mostra que existem algumas semelhanças relativamente à abordagem aqui apresentada, nomeadamente no que respeita ao conceito de uma fonte de informação onde as entidades turísticas possam gerir a sua informação e que permita a sua disponibilização para ser usada através de serviços web por terceiros. No entanto, apenas uma delas, a descrita em (Ribeiro et al., 2018), está vocacionada para a utilização de informação sobre as características de acessibilidade dos POI e, tal como foi referido pelos seus autores, a abordagem descrita não foi ainda concluída.

## 4. IMPLEMENTAÇÃO

Nesta secção descreve-se a plataforma desenvolvida. A primeira subsecção fornece uma breve descrição da arquitetura e tecnologias utilizadas, na segunda subsecção são descritas algumas das funcionalidades mais relevantes e na terceira secção são abordados os serviços web disponibilizados para acesso à informação da plataforma.

### 4.1 Arquitetura e Tecnologias

A arquitetura utilizada para o desenvolvimento foi de três camadas: apresentação, lógica de negócio e armazenamento de dados. Para o seu desenvolvimento foram usadas as linguagens PHP e JavaScript. O sistema de gestão de base de dados foi o SQL Server.

### 4.2 Implementação

A plataforma desenvolvida suporta 5 tipos de perfil de utilizador: o Visitante (utilizador não autenticado), a Entidade Turística, o Turista, o Desenvolvedor e o Administrador.

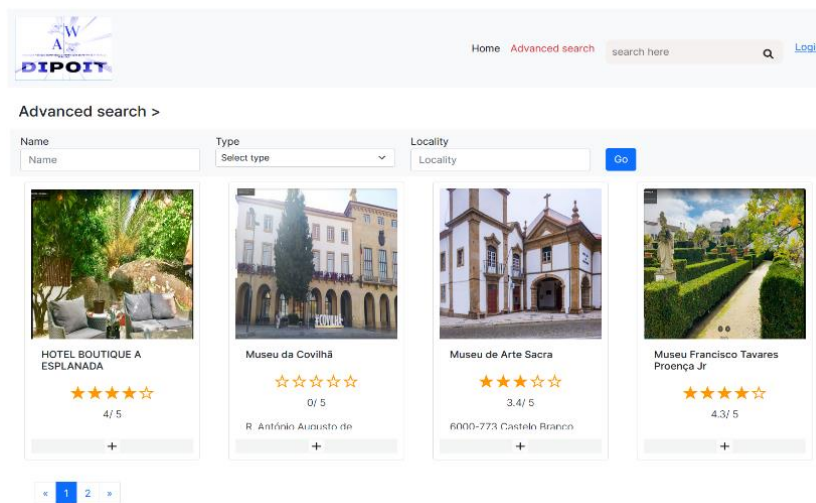


Figura 1. Página de pesquisa personalizada *Advanced search* por um utilizador não autenticado

Ao Visitante, um utilizador não autenticado, apenas é permitido consultar informação. Na página principal da aplicação, este utilizador tem acesso ao menu *Home* e *Advanced search*. A opção *Advanced search* permite efetuar a pesquisa personalizada de POI, de acordo com nome e/ou tipo e/ou localidade (Figura 1).

Ao utilizador do tipo Entidade Turística compete criar os POI. Isso inclui fazer a caracterização genérica do POI (nome, descrição, imagens, localização, etc.), Figura 2 (esquerda), e também a caracterização da sua acessibilidade. Para caracterizar a acessibilidade é necessário responder a um conjunto de questões associadas às diversas áreas do tipo de POI a inserir. Por exemplo: para caracterizar a acessibilidade de um POI do tipo alojamento é necessário caracterizar áreas como: parque, entrada, quartos, sala de reuniões, sala de jantar, piscina, etc.

Na Figura 2 (direita) ilustra-se a caracterização da acessibilidade de uma das áreas do POI. Além disso, o utilizador do tipo Entidade Turística, pode consultar e editar os dados do seu perfil, pesquisar e visualizar os seus POI, incluindo editar os seus dados, ver estatísticas de determinado POI ou eliminá-lo.

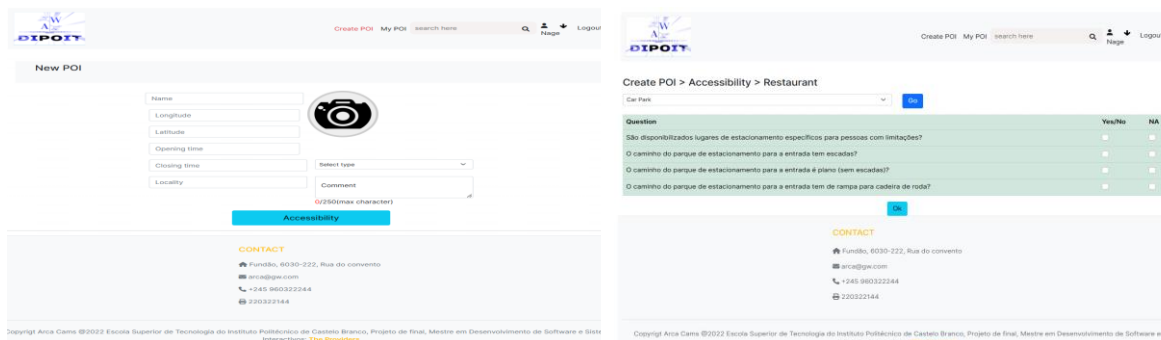


Figura 2. (esquerda) Criar POI – informação geral. (direita) Criar POI – caracterizar acessibilidade

O Turista (utilizador autenticado) tem acesso aos menus *Home*, *Advanced search* e *My favorite*. O Turista pode fazer pesquisas personalizadas por POI e consultar os detalhes de cada POI, Figura 3 (direita). Pode também escrever comentários e fazer avaliações dos POI. No menu *Advanced search*, o Turista pode marcar um POI como favorito, Figura 3 (esquerda), que pode depois consultar na página *My favorite*.

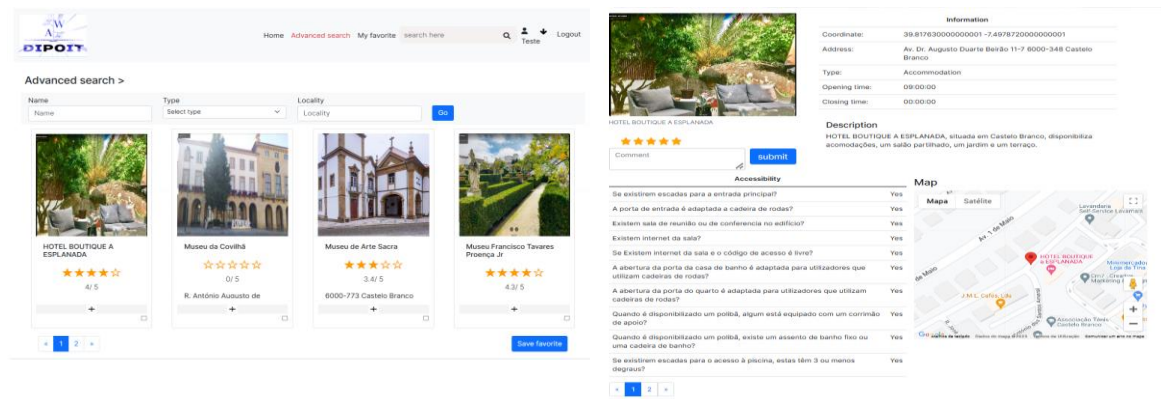


Figura 3. (esquerda) Pesquisa de POI. (direita) Informação detalhada de um POI

O utilizador Desenvolvedor existe com a finalidade principal de gerir o acesso aos serviços disponibilizados para acesso à informação da plataforma, por potenciais desenvolvedores de aplicações. Ou seja, o registo como *Desenvolvedor* permite-lhe ter acesso a um *token* que permite consumir esses serviços. Este utilizador pode também ter acesso à informação do seu perfil e fazer a gestão desses dados.

O utilizador Administrador faz a gestão de Entidades Turísticas, Figura 4 (esquerda), e Desenvolvedores. Além disso, o Administrador pode visualizar informação estatística sobre os utilizadores do sistema e sobre os POI. Na Figura 4 (direita), é apresentada a página *Statistics* que permite visualizar a estatística global com números de cada tipo de utilizadores (entidade, turista e desenvolvedor). O gráfico linear mostra os 5 POI mais

visitados com respetiva legenda e o gráfico de *pie* apresenta o número de cada tipo de utilizadores, em percentagem.

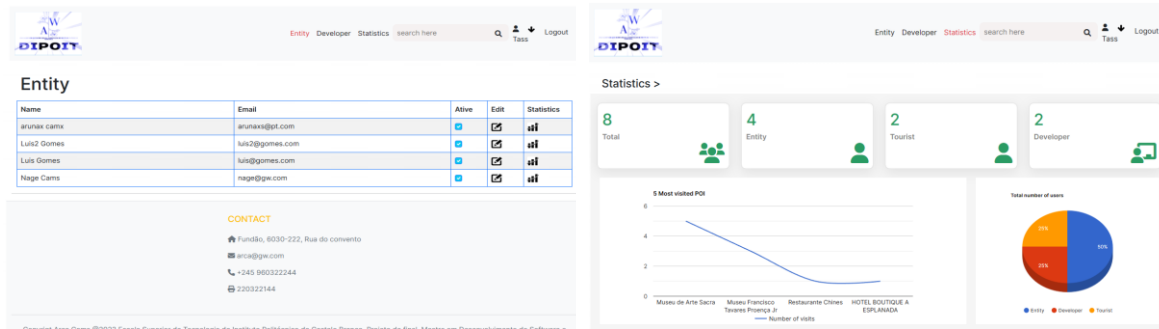


Figura 4. (esquerda) Gestão de Entidades. (direita) Estatísticas

### 4.3 Serviços Web Disponibilizados

A informação disponível na plataforma pode ser acedida através de serviços web, sendo o acesso reservado aos utilizadores do tipo *Desenvolvedor*. Para ter acesso aos *endpoints* disponibilizados pela API, o *Desenvolvedor* necessita de ter um *token* que lhe é disponibilizado após este efetuar o seu registo na plataforma. O *token* também pode ser obtido com a requisição de *endpoint* (<http://.../public/api/v1/auth>) usando e-mail e senha válida. O consumo da API é feito através dos protocolos HTTP ou HTTPS.

Algumas das funções disponibilizadas são:

- *PostUser*: requisição de *token* do utilizador. Aceita dois parâmetros como argumento: e-mail e *password* e retorna o *token* (*Authorization token*) de acesso do utilizador.
- *GetCurrentUser*: requisição da informação de utilizador. Esta função tem como parâmetro *Authorization token*, retorna informação do utilizador atual.
- *GetALLPOI*: requisição da lista de todos os POI. Esta função tem como parâmetro *Authorization token*, retorna a lista de todos POI.
- *GetInfoPOIById*: requisição de um POI utilizando Identificador. Esta função tem como parâmetro o identificador do POI e *Authorization token*. Retorna a informação de um POI.
- *GetFiltrePOIByNameOrType*: requisição de um POI através de uma pesquisa personalizada. Esta função tem como parâmetros o nome de POI, tipo de POI, localidade e *Authorization token*. Retorna a lista dos POI que correspondem ou respeitam os critérios da pesquisa.
- *GetPOINearest*: requisição dos POI mais próximos de uma determinada localização ou coordenada. Esta função tem como parâmetro a localidade, latitude, longitude e *Authorization token*. Retorna uma lista dos POI que respeitam os critérios da pesquisa.

A Figura 5 mostra a função *GetPOINearest()*, disponível no *endpoint* <http://.../public/api/v1/pois/?Localizacao=fundão&lat=39.819544&long=-7.512390&search=name>. Este permite fazer a requisição dos POI mais próximos de uma determinada localidade ou coordenada, usando os parâmetros: “Localizacao”, “lat” e “long”.

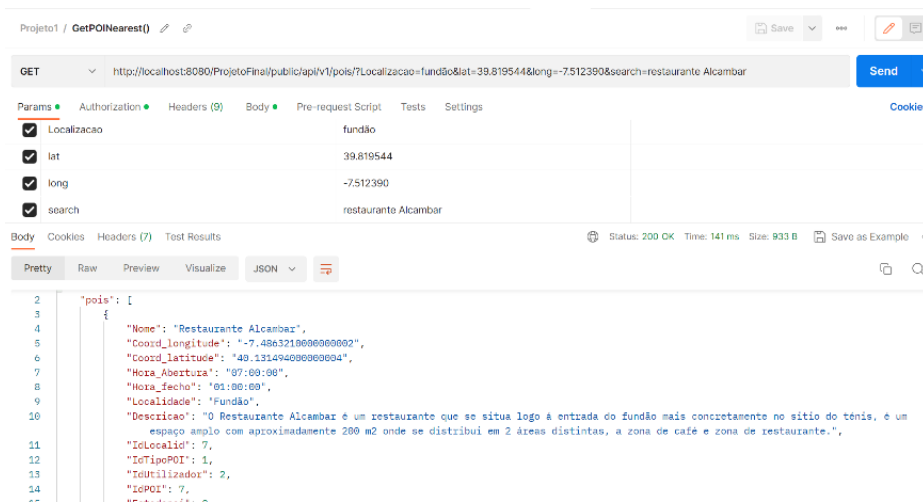


Figura 5. Serviço web para obter POI próximos de uma coordenada ou localização

## 5. UTILIZAÇÃO DA API

A informação da plataforma pode ser acedida através de serviços web. O objetivo é disponibilizar a informação para que desenvolvedores de aplicações a possam usar nas suas aplicações, facilitando assim o acesso à mesma. No entanto, o acesso a estes serviços apenas está disponível para utilizadores que se encontrem registados na plataforma como desenvolvedores.

Para demonstrar a utilização da API disponibilizada pela plataforma, apresenta-se de seguida uma aplicação Android que consome funções disponibilizadas pela API. Esta aplicação Android serve para demonstração e apenas disponibiliza as funcionalidades de *login* e apresentação de lista de POI. O objetivo é demonstrar que o desenvolvedor tem acesso à informação, podendo construir ou personalizar a interface de acordo com a sua necessidade. As restantes funções disponibilizadas permitem obter mais informação, nomeadamente aquela que caracteriza a acessibilidade de cada POI.

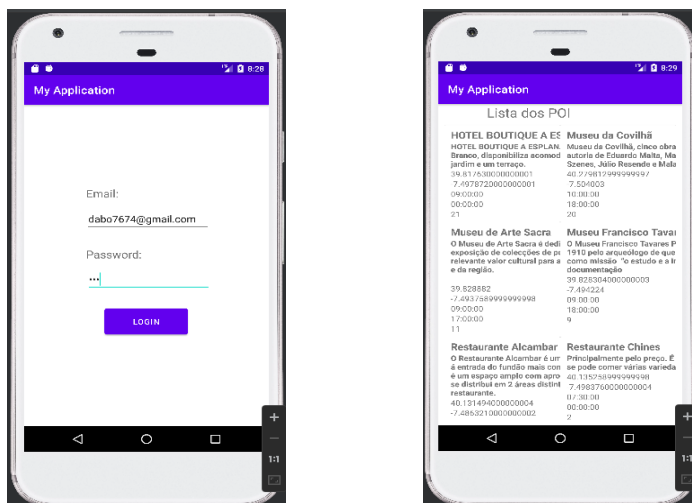


Figura 6. (esquerda) Página de login na aplicação (direita) Lista de todos dos POI

Para que possa utilizar os serviços da API é necessário possuir um *token* associado a um utilizador do tipo desenvolvedor. A página do login da aplicação Android (Figura 6 - esquerda), utiliza a função *PostUser* que

permite obter o *token*, com os argumentos email e palavra-passe. Caso seja bem-sucedido, permite fazer a associação ao *token*. Esse *token* é depois usado no acesso aos serviços disponibilizados pela API para assegurar o acesso à informação de forma segura. Neste caso é usada a função *getPois(authorization +token)* no Android, que por sua vez utiliza o serviço da função *GetALLPOI*, no qual é passado o *token* do utilizador, retorna a lista de todos os POI que são apresentados no ecrã (Figura 6 - direita).

## 6. CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

Neste artigo descreveu-se uma plataforma web para integração, gestão e disponibilização de informação para turismo inclusivo que tem como objetivo integrar informação sobre pontos de interesse turístico, e as respetivas características da acessibilidade e a sua disponibilização a potenciais turistas e outros desenvolvedores de aplicações. Esta abordagem pode representar uma mais-valia para os vários *stakeholders*. Permite que as entidades turísticas possam gerir os seus POI e a sua caracterização em termos de acessibilidade, permite que os turistas, e em especial aqueles que apresentam algum tipo de restrição, possam fazer pesquisas de acordo com as suas necessidades e, assim, conhecer antecipadamente as características de acessibilidade dos POI que pretendem visitar, e permitem também que desenvolvedores de aplicações na área do turismo possam ter acesso à informação existente na plataforma, facilitando o seu desenvolvimento e potenciando o desenvolvimento de novas aplicações.

Existem, no entanto, aspetos que é ainda necessário ter em consideração e que devem ser alvo de maior atenção no trabalho futuro. É necessário implementar novas funcionalidades e complementar algumas das existentes, por exemplo disponibilizar um conjunto de serviços web mais amplo e ajustado às necessidades dos potenciais desenvolvedores. É também importante envolver os diversos *stakeholders* na avaliação da plataforma e usar o seu feedback para identificar melhorias.

## REFERÊNCIAS

- Isabel Vieira, Gama, R., Fernandes, D., Oliveira, I., & Miguel Mota. (2022). Tourism information platform for low-density territories: the Douro region. *International Journal of Tourism Policy*, 12(2), 223–241. <https://doi.org/10.1504/IJTP.2022.10046336>
- Lopes, P., Almeida, L., Pinto, J., de Jesus, J., Fernandes, D., Vieira, I., & Gama, R. (2019). Open Tourist Information System: a platform for touristic information management and outreach. *Information Technology & Tourism*, 21(4), 577–593. <https://doi.org/10.1007/s40558-019-00159-w>
- Pereira, R. L., Sousa, P. C., Barata, R., Oliveira, A., & Monsieur, G. (2015). CitySDK Tourism API - building value around open data. *Journal of Internet Services and Applications*, 6(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s13174-015-0039-z>
- Ribeiro, F. R., Silva, A., Metrôlho, J. C., Silva, A. P., & Barbosa, F. S. (2018). A new framework for accessible tourism mobile application development. *International Journal of Mobile Computing and Multimedia Communications*, 9(2). <https://doi.org/10.4018/IJMCMC.2018040103>
- World Travel and Tourism Council. (2016). *Travel & Tourism: Economic Impact 2016*. [http://www.wttc.org/-/media/files/reports/economic impact research/regions 2016/world2016.pdf](http://www.wttc.org/-/media/files/reports/economic%20impact%20research/regions%202016/world2016.pdf)
- World Travel and Tourism Council. (2021). *Economic Impact Reports*. <https://wttc.org/Research/Economic-Impact>

# ESTUDO COMPARATIVO DE TOKENS DE AUTORIZAÇÃO EM APIS REST

André Luiz Lourenço de Andrade<sup>1</sup>, Robson Oliveira de Albuquerque<sup>1</sup>,  
Fábio Lúcio Lopes de Mendonça<sup>1</sup>, Daniel Alves da Silva<sup>1</sup>, Carlos Eduardo Lacerda Veiga<sup>2</sup>  
e Rafael Timóteo de Sousa Júnior<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Pós-graduação Profissional em Engenharia Elétrica – PPEE – Departamento de Engenharia Elétrica,  
Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil, Zip Code 70910-900*

<sup>2</sup>*Advocacia-Geral da União - SIG-Quadra 06-Lote 800, Brasília, Brasil, Zip Code 70610-460*

## RESUMO

Após o processo de autenticação, é necessário que os sistemas atribuam permissões apropriadas às entidades autenticadas que solicitam por respostas. Em um ambiente diversificado com diferentes níveis de permissão, as aplicações HTTP devem determinar o nível de autorização para cada solicitação que é requisitada para si. Este estudo apresenta uma análise comparativa de três tokens de autorização usados em conjunto com APIs REST: JSON Web Tokens (padrão amplamente utilizado na indústria); PASETO (oferece uma versão enxuta e simplificada do JWT); e macaroon (método padrão para delegar autorização em ambientes descentralizados proposto por desenvolvedores da Google). Tokens de autorização são projetados para restringir ações e aumentar a segurança em sistemas distribuídos. No entanto, dependendo da implementação, cifras criptográficas ou complexidades desnecessárias, vulnerabilidades significativas podem ser introduzidas com o seu mal uso. Este artigo fornece uma abordagem para comparar tecnologias de autorização e destaca seus principais benefícios e desvantagens com o objetivo de ajudar administradores de sistemas e desenvolvedores a selecionar o método de autorização mais apropriado para cenários específicos.

## PALAVRAS-CHAVE

*JSON Web Token, PASETO, Macaroon, Tokens, Autorização, REST API*

## 1. INTRODUÇÃO

Embora as medidas de segurança baseadas em perímetro possam fornecer alguma proteção contra ameaças cibernéticas, elas são insuficientes por si só, pois dependem da suposição de que todas as ameaças virão de fora da rede em administração (ROSE, 2020). Para conter as ameaças de forma adequada, as organizações devem se adaptar e favorecer abordagens de defesa baseadas em camadas, que inclui uma variedade de medidas para proteger contra ameaças que se originam tanto de dentro quanto de fora da rede.

Com a modernização de aplicativos, dar atenção aos processos de autenticação e autorização tornou-se indispensável no design de serviços seguros que exigem a identificação adequada de seus usuários (Wilson & Hingnikar, 2019). A evolução dessas tecnologias ocorre em conjunto com a robustez dos ataques que visam contornar o processo de identificação e obter privilégios indevidos.

Por este motivo, a obtenção de controle de identidade e nível de permissão de cada requisição que consome por APIs REST ganhou relevância substancial, tornando-se necessário a transmissão de tokens de autorização em cada requisição HTTP realizada pelos clientes (Wijayarathna, 2019).

Este trabalho além de expor um contexto de implementação de segurança em arquiteturas de aplicações modernas, sobretudo REST APIs, tem como contribuição o estudo de tokens estruturados JWT, PASETO e Macaroon, estabelecendo critérios de comparação que sejam aplicáveis no processo de escolha dos métodos de autorização que decorrem no desenvolvimento de aplicações.

O artigo está dividido em 6 partes que incluem a Introdução, que realiza uma breve contextualização e explicita a contribuição do trabalho, os Conceitos Básicos que explica o conceito de APIs REST e introduz os tokens de autorização estudados no trabalho, realizando uma comparação geral entre eles, a Contextualização do Problema que evidencia a relevância do estudo mais aprofundado de tokens de autorização, a Metodologia

de Implementação, que coloca em evidência os passos realizados para a obtenção dos Resultados que, por sua vez, define os critérios de comparação entre os tokens e evidencia os melhores tokens a serem utilizados de acordo com cada critério. Ao final do artigo encontra-se a Conclusão que realiza um resumo do artigo com as conclusões obtidas dos resultados e explorando possibilidades de extensão de estudos que seguem uma linha similar.

## 2. CONCEITOS BÁSICOS

### 2.1 APIs REST

APIs REST é um conjunto de regras e convenções que estabelecem como as comunicações entre sistemas devem ser feitas, utilizando o protocolo HTTP para definir a estrutura de suas requisições e respostas (Li L, 2011). Uma das características mais importantes das APIs REST é que elas são *stateless* (Lee, 2017), isto é, não mantêm nenhum estado da comunicação entre as requisições, fazendo com que cada requisição seja tratada de forma independente e que suas respostas não dependam de nenhuma informação anterior. Essa característica torna as APIs REST mais escaláveis e fáceis de implementar e manter.

Tokens de autorização são utilizados pelas APIs para permitir ou não o acesso a determinados recursos. Eles funcionam como uma forma de autenticação e autorização em que o usuário ou sistema que faz a requisição precisa fornecer um token válido para acessar os recursos desejados. Os tokens de autorização comumente são gerados após um processo de autenticação bem-sucedido e possuem informações sobre o usuário ou sistema que fez a requisição. Quando uma API recebe uma requisição com um token de autorização, ela verifica se o token é válido e se o usuário ou sistema tem permissão para acessar o recurso solicitado. Se o token for legítimo e as permissões válidas, a API retorna a resposta com os dados solicitados.

### 2.2 JSON Web Token (JWT)

JSON Web Tokens representam um conjunto de declarações em um objeto JSON que é apresentado em uma estrutura JWS (JSON Web Signature) ou JWE (JSON Web Encryption). O JSON é o Conjunto de Declarações do JWT que consiste em pares de nome e valor em que os nomes são *strings* e os valores são valores JSON arbitrários (Jones, 2015). Para a transmissão do JWT, o objeto JSON é codificado em Base64 que contém uma carga útil de informações, como dados de usuário, bem como uma assinatura digital para garantir que as informações não tenham sido alteradas durante a transmissão (Shulin, 2020). O JWT é amplamente utilizado na autenticação e autorização de usuários em aplicativos web e serviços de API, pois é portátil, escalável e, se implementado corretamente, seguro. Além disso, o JWT pode ser facilmente integrado com outras tecnologias de segurança, como HTTPS, OAuth2 e OIDC.

O JWT vem em duas formas: simétrica e assimétrica. No JWT simétrico, o hash da concatenação do cabeçalho e *payload* é assinado usando uma chave secreta, que pode ser gerada usando algoritmos SHA-256, SHA-384 e SHA-512. A mesma chave é usada para assinar e validar o token. Por outro lado, o JWT assimétrico usa um par de chaves pública/privada. A chave privada assina o token, enquanto a chave pública realiza a validação. RSA, ECDSA e RSASSA-PSS podem ser usados para gerar o par de chaves. A chave privada assina digitalmente a mensagem, enquanto a chave pública verifica sua integridade.

### 2.3 PASETO

O Platform Agnostic Security Token (PASETO) é um padrão de token de autorização que compartilha algumas similaridades com o JWT, mas impõe um conjunto rigoroso de diretrizes na seleção de algoritmos criptográficos disponíveis para os desenvolvedores (Paragon Initiative, 2023). Essa característica é considerada vantajosa porque o JWT fornece uma abundância de opções, algumas das quais são inseguras. O PASETO é composto por três elementos obrigatórios (*version*, *purpose* e *payload*) e um elemento opcional (*footer*). Assim como o JWT, os tokens do PASETO são codificados em base 64 antes de sua transmissão (Terjesen & Haussmann, 2022).

O elemento de *purpose* do PASETO pode ser configurado como local ou público. A opção local é recomendada em cenários em que uma chave secreta compartilhada pode ser armazenada com segurança entre os pontos finais que irão validar o token. O token é criado e assinado com a mesma chave secreta compartilhada entre os sistemas e é sempre transmitido em forma criptografada. Por outro lado, quando o *purpose* do PASETO é público, pares de chaves são gerados com a *API libsodium* e transferidos em texto simples, mas sempre assinados. Neste caso, é recomendado que a aplicação evite enviar informações sensíveis do usuário por meio dos tokens.

## 2.4 Macaroons

Os macaroons são credenciais de autorização que fornecem suporte flexível para compartilhamento controlado em sistemas descentralizados e distribuídos (Birgisson, 2014). Os Macaroons têm uma característica chave de delegação, que permite que o proprietário de um macaroon gere um sub-macaroon com autoridade reduzida. Um macaroon é composto por quatro componentes: *location*, *public ID*, *caveats* e assinatura. O componente de *location* é uma cadeia de caracteres que especifica a origem do macaroon e é normalmente representado por um Localizador de Recursos Uniforme (URL). O *public ID* é usado para identificar o macaroon e está vinculado à sua chave privada. Os *caveats* podem ser vistos como a carga útil do macaroon e declaram um predicado que deve ser verdadeiro para qualquer solicitação que o macaroon derivado autorize no serviço pretendido. Elas são usadas para restringir as capacidades do macaroon, indicando quando, onde, por quem e para que finalidade o serviço alvo deve conceder acesso. O componente final é a assinatura, que é calculada usando o HMAC com a chave privada salva no servidor. Ao contrário do JWT e PASETO, os Macaroons não têm uma codificação definida para a transmissão, mas seu conteúdo é seguro para ser comunicado por meio de cabeçalhos HTTP, cookies ou URLs (Birgisson, 2014).

Também é possível utilizar macarons com *third-party caveats* que são úteis em situações em que se tem serviços externos que podem realizar verificações adicionais de autorização relevantes para o token de acesso, restringindo ainda mais o token inserindo validações (ou *statements*) adicionais.

## 2.5 Comparação Geral dos Tokens de Autorização

Para a criação da Tabela 1, foram destacados os recursos de segurança, tipo de implementação, algoritmo de *hash*, padrão de transferência e partes envolvidas. Para o critério de segurança, levou-se em conta se o token de autorização possui falhas em sua composição, sendo possível usá-lo incorretamente ou de forma ineficiente, para o JWT este quesito foi considerado médio por ser possível utilizar em sua implementação algoritmos de criptografia considerados ultrapassados como RSA com PKCS #1v1.5 *padding*, RSA com OAEP *padding*, ECDH com curvas de *Weierstrass* e AES-GCM (Degges, 2019). Para o critério de complexidade de configuração, foram consideradas as opções possíveis de implementação do token. Quanto mais opções, seja de modo ou algoritmos criptográficos possíveis, mais complexa foi considerada a configuração.

Tabela 1. Comparação Geral dos Tokens de Autorização

	JSON Web Token	PASETO	Macaroon
<b>Segurança</b>	Médio	Alto	Alto
<b>Tipo de Implementação</b>	simétrico, assimétrico	local, public	regular e third-party caveats
<b>Algoritmo de Hash</b>	Simétrico:HS256/384/512 Assimétrico:RS256/384/512 ES256/384/512; PS256/384/512	local:xChaCha20+Blake2B public:EdDSA Overcurve25519	N/A
<b>Padrão de Transferência</b>	base64	base64	N/A
<b>Partes</b>	Header, Payload, Signature	Version, Purpose, Payload, Footer	Identifier, Caveats, Signature



### 3. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Os tokens de autorização desempenham um papel crucial na segurança de aplicações e serviços modernos, permitindo apenas que usuários ou entidades autorizadas acessem recursos protegidos. No entanto, a falta de padronização na implementação desses formatos de token pode tornar desafiador para os desenvolvedores escolherem o tipo de token mais adequado para suas aplicações. Cada token abordado neste trabalho possui características únicas e compensações que os tornam adequados para casos de uso específicos. Levando em consideração a lista da OWASP publicada em 2021 (OWASP, 2021) que coloca como design inseguro e erros de configuração com um dos maiores riscos no desenvolvimento de aplicações, este estudo torna-se relevante tendo em vista que não há uma solução única de implementação de tokens de autorização - apesar de algumas tentativas de unificação de gerenciamento de identidade em microserviços (Cao, 2018) - inferindo-se que a equipe disposta para o desenvolvimento de APIs REST deva avaliar cuidadosamente seus requisitos e as compensações de cada formato de token antes de escolher o mais apropriado para uso.

A indústria percebeu esse problema e lançou frameworks que simplificam o processo de autorização para aplicações, como (Permit.io, 2022) e (SuperTokens, 2021). No entanto, a dependência de ferramentas de terceiros pode se tornar um fator prejudicial em si. As questões de preços embutidos nos produtos e vulnerabilidades de bibliotecas das quais o desenvolvedor não tem conhecimento podem ser consideradas uma desvantagem no uso dessas soluções.

### 4. METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO

Para este trabalho, foi desenvolvido um ambiente que implementa a autorização usando as três abordagens de token em estudo: JWTs, PASETO e Macaroon. As especificações do sistema em que o teste foi realizado se encontram na Tabela 2.

Tabela 2. Tabela de propriedade do sistema de testes

Propriedades do Sistema	
<b>Processador</b>	Intel(R) Core (TM) i7-6700T, 2.80GHz 2.81 GHz
<b>RAM</b>	16GB
<b>Sistema Operacional</b>	Windows 11 Enterprise v21H2
<b>Linguagem</b>	Python 3.10.6
<b>Bibliotecas</b>	hmac v20101005, hashlib v20081119, json v2.0.9, pyseto v1.7.0, pymacaroons v0.13.0, datetime v4.9

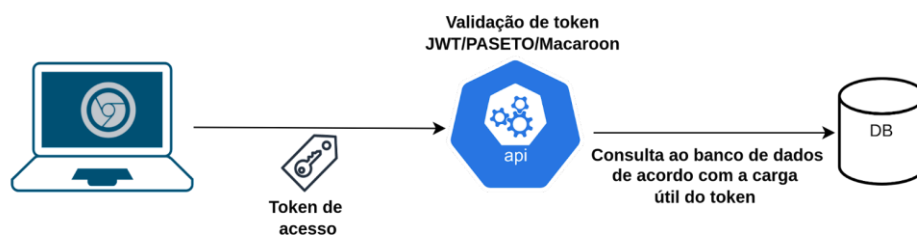


Figura 1. Fluxo de validação de tokens implementado no experimento

Os métodos de autorização foram simulados por este trabalho implementam um sistema de registro de estudantes universitários que, após a devida autenticação, verifica em cada token estruturado as informações básicas como o nome do estudante, nome da universidade, número de matrícula e data de validade do vínculo do estudante para fornecer conteúdo ao usuário. É importante ressaltar que os atributos escolhidos podem ser configurados para características específicas de novos sistemas e que a estrutura dos códigos implementados pode ser editada para novas implementações.

O experimento realizado consiste na validação de tokens de autorização estruturados que carregam consigo as informações de cadastro de estudantes que foram supracitadas, portanto, torna-se responsabilidade da API realizar as validações de integridade do token e retornar uma resposta válida caso o token seja devidamente validado e identificado conforme apresentado na Figura 1.

#### 4.1 Cenário 1 – Descrição da Implementação de Autorização com JWT

Para o cenário implementando autorização com JSON Web Token com a linguagem *Python*, foram utilizadas as bibliotecas *hmac*, *hashlib*, *base64* e *JSON*. Primeiro, definiu-se a string *"this is our secret"* como a chave secreta que será usada para criar e validar o JSON Web Token (simétrico). O cabeçalho foi codificado com seus metadados, indicando que será usado SHA-256 como algoritmo de criptografia para criação da assinatura. O payload foi preenchido com quatro *claims* de universidade, estudante, número de matrícula e expiração do token. A assinatura do token foi criada concatenando o cabeçalho e o *payload* dentro da função HMAC com a chave privada estabelecida. Para realizar de validação do token JWT, é necessário checar a integridade do token através da sua assinatura, assim como as *claims* contidas em seu *payload*. Para isso, a API de validação decodifica a *string* recebida em base64 e realiza o *parsing* das partes a serem validadas contidas no objeto JSON.

#### 4.2 Cenário 2 – Descrição da Implementação de Autorização com PASETO

Para este cenário, foi utilizada a biblioteca *pyseto*, onde foi realizada a implementação do PASETO na sua quarta versão. Foi utilizado o método *new()* para criar a chave secreta representada pela string *"this is our secret"*, e o método *encode()* para codificar o token em base64 respeitando o formato do PASETO. Para a implementação do PASETO, foram utilizadas as *claims* de universidade, estudante, número da conta e expiração do token, representadas em formato JSON como um dos argumentos do *encode()*. Para a validação do token PASETO é necessário decodificar a *string* em base64 utilizando o método da biblioteca *pyseto decode()* que, além de decodificar realiza a validação de integridade do token, tendo em vista que o método recebe como argumentos a chave da criação do token e o próprio token. Após a decodificação a aplicação se torna responsável pela validação das *claims*. Os detalhes da implementação do token PASETO utilizando a biblioteca *pyseto* pode ser verificado em detalhes na documentação da biblioteca (PYSETO, 2023).

#### 4.3 Cenário 3 – Descrição da Implementação de Autorização com Macaroons

Para este cenário foi utilizado a biblioteca *pymacaroons*. Inicialmente, para criar o token macaroon, é necessário configurar a chave privada, representada pela variável *secret*, o recurso em que o macaroon será utilizado, representado pela variável *location*, e o identificador de chave, representado pela variável *identifier*.

Foi utilizado o método *add\_first\_party\_caveat()* para criar as restrições (*caveats*) do macaroon, que é semelhante às *claims* utilizadas no JWT e PASETO. Como nos exemplos anteriores, os parâmetros de universidade, estudante, número de matrícula e expiração do token foram usados como limitadores de autorização. Para cada restrição adicionada ao macaroon, a assinatura de verificação do token é alterada. A validação do macaroon é realizada pela aplicação usando o método *verify()*, que requer como argumento o macaroon a ser validado e a chave privada estabelecida.

## 5. RESULTADOS

Para a correta arquitetura de sistemas e seus métodos utilizados para autorização, é essencial que o planejamento do projeto estabeleça critérios definidos que busquem orientar a equipe de desenvolvimento sobre qual alternativa seguir quando se trata da concessão de permissão por meio de chamadas de API. Nas seções seguintes encontra-se expostos os critérios de comparação estabelecidos e seus respectivos resultados, ressaltando os tokens mais adequados levando em consideração cada contexto em destaque.

## 5.1 Requisito de Criptografia de Tokens

Em algumas aplicações, tokens estruturados podem conter informações consideradas confidenciais pelos usuários que os utilizam. No caso de implantações que exigem transmissão de tokens criptografados, é recomendado a utilização do PASETO com *purpose* configurado como “local”, que possui criptografia por padrão. Apesar da possibilidade de usar a criptografia em JWTs utilizando JWE (JSON Web Encryption) (Jones, 2015), a utilização de JWE não é comumente usada por adicionar mais camadas de complexidade à sua implementação, além disso, o JWE conta com opções de criptografia vulneráveis (DEGGES, 2019). Os Macaroons podem ser criptografados usando uma camada de criptografia personalizada, mas assim como o JWT, por não ter criptografia por padrão, adiciona mais complexidade ao código e à implementação, gerando mais riscos ao seu processo de desenvolvimento. É importante destacar que o uso do TLS é essencial para garantir a confidencialidade dos tokens, considerando que eles são transmitidos na camada de aplicação (HTTP).

## 5.2 Requisito de Confiança entre o Emissor do Token e o Destinatário

Mesmo que “confiança” seja um conceito considerado inadequado em arquiteturas baseadas em *Zero Trust* (ROSE, 2020), este critério se torna relevante para escolha do token de autorização, levando em consideração a necessidade de uma arquitetura depender de uma infraestrutura de verificação de token emitidos por terceiros. Portanto, para estes casos, não é recomendado o compartilhamento de chaves secretas, evitando o risco de terceiros emitirem intencionalmente tokens de autorização com permissões elevadas. Nestes casos, é recomendado o uso de uma arquitetura baseada em chave pública. Portanto, são recomendadas as arquiteturas de JSON Web Token assimétrico, PASETO com *purpose* público e macaroons configurados com *third-party caveats*.

## 5.3 Requisito de Número de Endpoints que Realizam a Validação de Token

Em um ambiente extenso de microsserviços, pode haver muitas APIs que precisam compartilhar a mesma chave secreta para validação de tokens, tornando o gerenciamento de chaves secretas mais desafiador especialmente quando estes serviços são adicionados ou removidos do sistema dinamicamente, o que pode prejudicar a escalabilidade de novos projetos (XIUYU, 2017). Para esses casos, também são recomendados algoritmos que têm um princípio de chave pública, como JWT assimétrico, PASETO com *purpose* público e macaroons com *third-party caveats* (ressalvas).

## 5.4 Requisito de Verificação de Tokens por Terceiros

Em casos em que aplicações necessitem de muitas verificações de serviços de terceiros, o método mais recomendado para implementação de tokens de autorização é o uso de macaroons com *third-party caveats*, devido à possibilidade de serviços de terceiros adicionarem ressalvas específicas ao token, tornando-o mais restrito para uso com cada ressalva adicionada.

## 5.5 Requisito de Reutilização de Tokens

Embora os tokens preferencialmente devam ser utilizados com um período de validade curto, algumas arquiteturas de aplicações exigem a reutilização de tokens de forma extensiva. Nestes casos, é necessário antecipar situações em que os tokens podem ser comprometidos e escolher métodos que suportem a invalidação de tokens comprometidos de maneira oportuna. Os Tokens PASETO não possuem um mecanismo embutido para a prevenção de *replay-attacks*, o que infere que o projeto da arquitetura deve respeitar a premissa de usar o token PASETO somente uma vez. Para o caso de JSON Web Tokens, é utilizado o conceito de tokens de acesso e tokens de atualização (*refresh*), que possuem mecanismos de defesa em caso de identificação de um token comprometido, limitando um atacante a usar o token comprometido enquanto o token de acesso não estiver expirado. Quanto mais curto o tempo de expiração do token, menos risco é exposta a aplicação. No caso de macaroons, *replay-attacks* podem ser contidos devido à

necessidade do destinatário validar todos os macaroons descarregados (*discharge macaroon*) durante a adição de ressalvas (*caveats*), o que significa que todos os macaroons descarregados são necessários para serem vinculados ao macaroon autorizador antes de serem enviados juntamente com uma solicitação para o destino.

### 5.6 Requisito de Nível de Escassez da Equipe de Desenvolvimento

Mesmo que se espere que equipes especializadas em segurança desenvolvam sistemas e aplicativos que requerem autenticação, essa expectativa não corresponde à realidade de muitas empresas e *startups*. Portanto, é essencial saber como medir o nível de habilidade dos desenvolvedores de uma equipe para escolher o método de autorização a ser adotado em um projeto. O uso do token de autorização PASETO em sua versão local ou pública é o mais recomendado para equipes sobrecarregadas ou sem expertise técnica em segurança devido à sua baixa complexidade nas escolhas do algoritmo de criptografia e implementação.

### 5.7 Quadro Resumo dos Resultados

Na Tabela 3 encontra-se evidenciado o quadro resumo dos tokens de autorização mais adequados de acordo com os requisitos levados em consideração. É indicado que, antes da escolha do token de autorização a ser utilizado, a equipe de desenvolvimento da aplicação em questão leve em consideração um ou mais requisitos e os ordene de acordo com a sua relevância para o projeto que está sendo concebido, realizando a escolha do token, considerando a ordem e o número de vezes que ele surge com os requisitos escolhidos.

Tabela 3. Quadro Resumo dos Resultados

Requisito	Tokens Recomendados
Criptografia de tokens	PASETO Local
Confiança emissor/destinatario	JWT ass, PASETO pub, Macaroons c/ 3rd-caveats
Nº de endpoints p/ validação	JWT ass, PASETO pub, Macaroons c/ 3rd-caveats
Validação de terceiros	Macaroons c/ 3rd-caveats
Reutilização de tokens	JWTs e Macaroons
Escassez de desenv.	PASETO

## 6. CONCLUSÃO

Com base nos estudos e experimentos realizados utilizando os três métodos para tokens autorização, foi possível identificar seus principais prós e contras, complexidade de implementação e particularidades em relação à criação e validação de seus tokens. A Tabela 1 mostra as propriedades de cada método, como os algoritmos criptográficos usados, complexidade, padrão de transferência e estrutura. É possível observar a partir da tabela de comparação que, dos métodos discutidos, o JSON Web Token é o mais flexível e complexo em sua implementação, sendo possível implementar 12 variações criptográficas divididas em metodologias de chave simétrica e assimétrica. Quanto à complexidade de implementação, o PASETO mostrou-se a metodologia mais simples para a criação e validação de tokens, removendo a responsabilidade do desenvolvedor de escolher algoritmos de criptografia considerados inseguros. Devido à natureza do experimento realizado, não foi possível mostrar o método que apresente maior performance em termos de tempo de validação de token; portanto, é recomendado para trabalhos futuros implementar arquiteturas que visem emular um ambiente computacional sobrecarregado com conexões concorrentes, testando os limites computacionais do servidor e suas consequências no tempo de validação dos tokens de acordo com o método de autorização e número de *claims* implementados.

Outro aspecto possível para trabalhos futuros seria o foco na implementação de IAM em plataformas de gerenciamento de identidade e controles de política de autorização dinâmica, destacando a complexidade de gerenciamento efetivo integrado a processos de monitoramento ao vivo e análise de riscos.

Por fim, também é importante ressaltar que o melhor método de autorização usado com HTTP e REST APIs depende da complexidade da arquitetura estabelecida na infraestrutura em questão. Levando em conta

elementos como a granularidade das permissões de aplicação, o número de serviços expostos aos usuários e a maturidade em segurança da equipe que governa o desenvolvimento de aplicativos a serem consumidos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço o apoio técnico e computacional do Laboratório de Tecnologias para Tomada de Decisão - LATITUDE, da Universidade de Brasília, que conta com apoio do CNPq - Conselho Nacional de Pesquisa (Outorgas 312180/2019-5 PQ-2 e 465741/2014-2 INCT em Cibersegurança), da Advocacia Geral da União (Outorga AGU 697.935/2019), da Procuradoria Geral da Fazenda Nacional (Outorga PGFN 23106.148934/2019-67), da Polícia Federal (Outorga PF 03/2020), do Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica, na área de concentração: Segurança Cibernética – 1ª Turma para Profissionais do Setor de Inteligência (Outorga ABIN 01/2019) ao Decanatos de Pesquisa e Inovação e de Pós-Graduação da Universidade de Brasília (Outorga 7129 FUB/EMENDA/DPI/COPEI/AMORIS) e do Projeto SISTER City –Sistemas Inteligentes Seguros e em Tempo Efetivo Real para Cidades Inteligentes (Outorga 625/2022).

## REFERÊNCIAS

- Birgisson, A., Politz, J. G., Erlingsson, U., Taly, A., Vrable, M., & Lentzner, M. (2014). Macarons: Cookies with contextual caveats for decentralized authorization in the cloud.
- Birgisson, A., Politz, J. G., Erlingsson, U., Taly, A., Vrable, M., & Lentzner, M. (2014). Macarons: Cookies with contextual caveats for decentralized authorization in the cloud.
- Cao, R., Lu, S., Wang, X., Xiao, H., & Chi, X. (2018). Unified Account Management for High Performance Computing as a Service with Microservice Architecture. *Proceedings of the Unified Account Management for High Performance Computing as a Service with Microservice Architecture*, Taipei, Taiwan, 16-23.
- dajiaji /pyseto (2023) <https://github.com/dajiaji/pyseto> [Online; accessed 14-October-2022].
- He, Xiuyu, and Xudong Yang. (2017) Authentication and authorization of end user in microservice architecture." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 910. No. 1. IOP Publishing.
- Jones, M., Bradley, J., & Sakimura, N. (2015). Json web token (jwt) (No. rfc7519).
- Jones, M., Campbell, B., and Mortimore, C. (2015). Json web token (jwt) profile for oauth 2.0 client authentication and authorization grants. Technical report.
- Lee, S., Jo, J. Y., & Kim, Y. (2017). Authentication system for stateless RESTful Web service. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, 17(S1), S21-S34.
- Li, L., & Chou, W. (2011). Design and describe REST API without violating REST: A Petri net based approach. In 2011 IEEE International Conference on Web Services (pp. 508-515). IEEE.
- OWASP Top Ten, Top 10 Web Application Security Risks (2021) <https://owasp.org/www-project-top-ten/> [Online; accessed 14-October-2022].
- PASETO: Platform-Agnostic Security Tokens. *paseto-standard/paseto-spec* (2023) <https://github.com/paseto-standard/paseto-spec> [Online; accessed 14-October-2022].
- Permit.io (2022). Welcome to permit.io. <https://docs.permit.io/>. [Online; accessed 17-February-2023].
- R. Terjesen, S. Haussmann, S. A. (2022). Paseto (platform-agnostic security tokens). <https://www.ietf.org/id/draft-paragon-paseto-rfc-01.html>. [Online; accessed 14-October-2022].
- Randall Degges, A Thorough Introduction to PASETO, 2019 <https://developer.okta.com/blog/2019/10/17/a-thorough-introduction-to-paseto> [Online; accessed 14-October-2022].
- Rose, S., Borchert, O., Mitchell, S., & Connelly, S. (2020). Zero trust architecture (No. NIST Special Publication (SP) 800-207). National Institute of Standards and Technology.
- ShuLin, Y., & JiePing, H. (2020, October). Research on unified authentication and authorization in microservice architecture. In 2020 IEEE 20th international conference on communication technology (ICCT) (pp. 1169-1173). IEEE.
- SuperTokens (2021). User guides. <https://supertokens.com/docs/guides>. [Online; accessed 13-February-2023].
- Wijayarathna, C., & Arachchilage, N. A. (2019). An empirical usability analysis of the google authentication api. In *Proceedings of the evaluation and assessment on software engineering* (pp. 268-274).
- Wilson, Y., & Hingnikar, A. (2019). Solving identity management in modern applications: Demystifying OAuth 2.0, OpenID connect, and SAML 2.0. Apress.

# IMPLEMENTAÇÃO DE REGRAS DE NEGÓCIO NA NOTAÇÃO DMN USANDO MICROSSERVIÇOS

Mariana Ferreira Lavoura<sup>1</sup>, Hilda Carvalho de Oliveira<sup>2</sup> e Dhoi Almeida Cruz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Gplus Sistemas e Aplicativos LTDA, Limeira, Brasil*

<sup>2</sup>*Universidade Estadual Paulista (Unesp), Rio Claro, Brasil*

<sup>3</sup>*Amdocs (Brasil) Limitada, São Carlos, Brasil*

## RESUMO

Em processos de negócios, muitas vezes há regras de decisão complexas que são difíceis de modelar apenas com BPMN. A notação DMN foi projetada para lidar com essa complexidade de forma mais eficaz, facilitando ajustes às mudanças no processo quanto às políticas, sem ter que redesenhar todo o processo de negócios em BPMN. A automatização das tabelas de decisão em DMN com microsserviços pode proporcionar maior flexibilidade para adaptar os processos às mudanças nas regras de negócios. Nesse contexto, este trabalho apresenta procedimentos para se implementar microsserviços referentes à atividade lógica em DMN, usando a plataforma Kubernetes, a linguagem Go e o serviço de mensageria Kafka. A base para o trabalho foi uma arquitetura de microsserviços para a construção de BPMSs, o que proporciona escalabilidade, resiliência, eficiência e flexibilidade na automatização dos processos de negócio de uma organização.

## PALAVRAS-CHAVE

BPMN, BPMS, DMN, Modelos de Processos de Negócio, Microsserviços, Kubernetes

## 1. INTRODUÇÃO

A automatização dos processos de negócio de uma organização requer que esses processos estejam bem definidos, para mitigar os problemas de comunicação entre as equipes de negócio e de Tecnologia da Informação (TI). A modelagem dos processos de negócio na notação BPMN (*Business Process Management Notation*) tem contribuído para o entendimento dos processos pela equipe de TI, com possibilidades de automação diretamente a partir desses modelos.

Em 2020, um levantamento do grupo BPTrends mostrou que 62% das organizações já tinham modelado mais de 25% dos seus processos, considerando a abordagem BPM (*Business Process Management*) (Harmon e Garcia, 2020). Além disso, aproximadamente 75% das organizações afirmaram que práticas de BPM contribuíram significativamente para os negócios. As respostas foram dadas por 129 empresas de diversos campos de atuação, sendo a maioria da Europa, América do Norte, América Central e América do Sul, com 35% das empresas sendo de pequeno porte, 36% de médio e 29% de grande porte.

Na etapa de modelagem, os processos de negócio devem ser bem definidos e documentados, possibilitando identificar possibilidades de aperfeiçoamento e automatização. A modelagem pode usar diferentes notações e linguagens, como: diagramas de atividades em UML (*Unified Modeling Language*), fluxogramas, cadeias EPCs (*Event-Process Chains*), diagramas de fluxo de dados (DFDs), etc. Entretanto, a notação BPMN (*Business Process Model and Notation*) tem sido amplamente utilizada, devido à sua expressividade, facilidade de uso e especificação bem definida pelo Consórcio OMG (*Object Management Group*), além de ser um padrão internacional de modelagem (ISO 19510:2013). Segundo Entringer et al. (2021), o uso de BPMN é presente em 55% dos trabalhos publicados em 2021 na base científica Scopus, considerando comparações com o uso de UML, EPC e IDEF (*Integrated Definition Language*) (ENTRINGER, 2021).

O Consórcio OMG também especifica duas outras notações, que podem ser integradas à modelagem com BPMN: DMN (*Decision Model and Notation*) e CMMN (*Case Management Model and Notation*). Neste trabalho, serão considerados modelos de processos de negócio modelados com BPMN v2.0+ e com a notação DMN v1.3. Cabe observar que DMN foi inicialmente especificada em 2015 (OMG, 2015) e hoje está na versão beta 1.5. DMN facilita a compreensão na modelagem quanto às regras de negócio que requerem muitas

decisões e/ou decisões multicritérios e isso, conseqüentemente, facilita também o processo de alterações futuras. A modelagem das regras de negócio com DMN utiliza tabelas de decisão, que substituem *gateways* múltiplos de BPMN por uma única atividade, que retorna os resultados cabíveis. Isso possibilita distinguir atividades com tarefas de fato das que são baseadas na lógica. Atualmente, alguns modeladores de processos de negócio que adotam BPMN já permitem a inclusão de DMN (Ex.: Camunda *Modeler*).

Em relação à automação dos processos de negócio, atualmente há muitos sistemas de gerenciamento de processos de negócio, conhecidos como BPMSs (*Business Process Management Systems*), tanto proprietários como de domínio público, que implementam os processos de negócio e gerenciam a execução/orquestração dos processos, como: *SoftExpert Excellence Suite*, *Bizagi Automation*, *Orchestra BPMS*, *Sydle BPM*, *Bonita*, *Camunda*, entre outros.

De modo geral, os BPMSs são genéricos e comumente projetados com arquitetura monolítica, baseados na abordagem de serviços SOA (*Service Oriented Architecture*), resultando em limitações de escalabilidade e dificuldade de integração contínua de funcionalidades. Além disso, a configuração para uma determinada organização tende a ser complexa e onerosa, tanto em termos financeiros (valores dispensados com mensalidades e configurações específicas) como de pessoal (treinamento de pessoas dedicadas à configuração e adaptação do sistema) (CARAVIERI, 2019).

Uma nova tendência é a construção de BPMSs dedicados, mais aderentes às necessidades das empresas. Caravieri (2019) apresenta um processo sistematizado para essa finalidade, usando a tecnologia de microsserviços.

A automação com microsserviços promove uma continuidade do ciclo de vida do software com a abordagem *DevOps* (CARAVIERI, 2019), devido à facilidade de manutenção nos códigos dessa arquitetura e à sua alta escalabilidade (FOWLER, 2017). Isso contribui para a produtividade do desenvolvimento e manutenção de programas. *DevOps* é uma nova cultura de desenvolvimento de software em crescente uso, inserida na abordagem da Engenharia de Software Contínua, que preza por metodologias ágeis, entregas contínuas e desenvolvimento enxuto (*Lean development*) (FRANÇA, 2017).

Para este trabalho, foi considerado o processo sistematizado para desenvolvimento de BPMSs com a tecnologia de microsserviços definida em Caravieri (2019) e Cruz *et al.* (2021). A solução consiste no desenvolvimento de um BPMS dedicado para cada modelo de processos de negócio "m", onde a granularidade de cada microsserviço é definida como cada atividade do modelo "m" (BPMSm). A integração dos vários BPMSm's da organização constitui um BPMS global, identificado como BPMSg.

De todo modo, automatizar regras da notação DMN inseridas em modelos de processos de negócios em BPMN tem sido uma tarefa complexa, devido ao desafio da implementação de entradas, praticamente simultâneas, referente aos estados de outras partes do modelo.

Nesse contexto, este trabalho visa apresentar um modo para contribuir com o processo sistematizado de Caravieri (2019), considerando a implementação de regras de negócio DMN, que podem ser integradas em um modelo de processos de negócio em BPMN.

Assim, a Seção 2 apresenta alguns trabalhos relacionados a essa temática e a Seção 3 apresenta conceitos e recursos tecnológicos importantes para este trabalho. A Seção 4 apresenta o processo de implementação de uma atividade lógica em DMN como um microsserviço. Complementarmente, a Seção 5 descreve a integração desse tipo de microsserviço a um determinado BPMSm. A conclusão e as considerações finais são apresentadas na Seção 6.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

A automação de regras de negócio em DMN é uma abordagem emergente e ainda com um número relativamente reduzido de trabalhos encontrados, em comparação com trabalhos que se referem à modelagem estritamente em BPMN. Nesta seção, serão abordados três trabalhos relacionados com os objetivos deste artigo: Nousias (2021), Etinger (2019) e Falcioni (2021).

Nousias (2021) apresenta a automação de um processo de pedido de empréstimo a ser apreciado, modelado em BPMN e DMN. O autor mostra como a lógica implícita no fluxo de um modelo em BPMN pode ser extraída e transformada em um modelo exclusivamente em DMN, o qual é integrado ao modelo em BPMN, prezando pela separação de conceitos. Além disso, o trabalho apresenta o desenvolvimento de um BPMS dedicado ao modelo de processos de negócio resultante, como neste trabalho, mas sem a tecnologia de microsserviços.

Ettinger (2019), por sua vez, apresenta um método, implementado em Python, para derivar tabelas de decisão DMN a partir de um modelo de aprendizado de máquina correspondente as tabelas de decisão, gerado pelo classificador de árvore de decisão. O método possibilita a conversão do modelo de árvore de decisão gerada para um artefato em XML (Extensible Markup Language) de tabela de decisão baseado em DMN. Para isso, faz uso de um algoritmo de inteligência artificial, apresentado no artigo, e do modelador Camunda. Como resultado, é possível obter um arquivo XML baseado em uma tabela de decisão DMN, possibilitando sua importação em qualquer plataforma de BPM e sua integração em modelos de processos de negócio BPMN.

Já Falcioni (2021) apresenta OLIVE, um framework de microsserviços que usa a abordagem *low-code* com foco em modelos. Uma contribuição desse trabalho consiste na definição de dependências entre microsserviços e modelos de processos de negócio, além do desenvolvimento de um mecanismo de avaliação de modelos na notação DMN. Assim como neste trabalho, são utilizados microsserviços, entretanto as tecnologias utilizadas são diferentes e o desenvolvimento é do tipo *low-code*.

### 3. CONCEITOS E TECNOLOGIAS ADOTADAS

Para a implementação dos microsserviços referentes às regras de negócio, será usada a linguagem de programação Golang, de código aberto (*open source*), que se mostrou adequada pela facilidade de uso, desempenho e suporte nativo à concorrência e paralelismo.

Para integração a um determinado sistema BPMSm, foi escolhida a plataforma de mensageria de código aberto Kafka, que garante uma alta taxa de transferência, persistência de dados e tolerância a falhas. Para a automação do modelo de processos de negócio foi adotado o sistema de orquestração de contêineres Kubernetes, com base na implementação de Cruz (2021). O conjunto de tecnologias utilizado viabiliza a execução e a integração de microsserviços de forma eficiente, mesmo em casos em que haja um grande volume de dados processados e transmitidos em um curto intervalo de tempo.

Para exemplificar os procedimentos utilizados, foi selecionado, para este trabalho, o modelo de processos de negócio “*Accounts Payable+*” (“Contas a pagar”), adaptado do modelo da biblioteca pública do modelador Bizagi de nome “*Accounts Payable*”. Esse modelo também foi automatizado por Caravieri (2019), utilizando a plataforma Firebase e a linguagem JavaScript, e por Cruz (2021), utilizando o sistema de orquestração de contêineres Kubernetes e a linguagem Python. Neste trabalho serão utilizadas as mesmas tecnologias mencionadas de Cruz (2021).

O processo *Accounts Payable* modela as dívidas e obrigações financeiras de uma empresa, cuja automação gera importantes benefícios. Como possui muitas atividades repetitivas e manuais, suscetíveis a erros humanos, pode causar um grande problema para o fluxo de caixa.

Na versão original do modelo *Accounts Payable*, o processo principal é composto por seis atividades e três *gateways*, com um subprocesso composto por três atividades e um *gateway*. No modelo *Accounts Payable+* foi inserida a atividade lógica “*Decide Discounts and Taxes*” entre as atividades *Receive Invoice* (envia dados de entrada) e *Validate Invoice*. A atividade lógica inserida recebe os dados obtidos pela primeira atividade e envia dados relativos aos impostos e aos descontos resultantes da regra de negócio.

É importante destacar que, para que o trabalho aqui apresentado pudesse ser efetivado, foi desenvolvido antes um BPMSm para o modelo *Accounts Payable* utilizando o processo sistematizado de Caravieri e o código do BPMSm disponibilizado na plataforma *GitHub*, segundo consta em Cruz (2021). Essa implementação não fará parte deste trabalho, porque ainda devem ser feitos testes de unidade baseados em caminhos de teste e testes de integração com o microsserviço referente à atividade lógica *Decide Discounts and Taxes*.

Frente ao exposto, a Seção 3.1 apresenta conceitos básicos de DMN, a Seção 3.2 apresenta uma visão geral de microsserviços e a Seção 3.3 traz informações sobre a linguagem Golang. As Seções 3.4 e 3.5 apresentam, respectivamente, o sistema de orquestração de contêineres Kubernetes e a plataforma de mensageria Apache Kafka, usados no trabalho para a integração de um BPMSm. Por último, a Seção 3.6 apresenta o modelo de processos de negócio *Accounts Payable+* e a tabela de regras de negócio utilizados no trabalho.

#### 3.1 Notação DMN

A notação DMN (*Decision Model and Notation*) é um padrão definido pelo Consórcio OMG em 2013 (OMG, 2015), visando modelagem lógica em um modelo de processos de negócio. Atualmente na versão 1.4, a



especificação de DMN foi criada como uma extensão à BPMN, para representar visualmente as regras de negócio mais complexas e a lógica utilizada em tomadas de decisão.

A representação das variáveis que envolvem cada decisão é feita por meio de um Diagrama de Requisitos de Decisão ou DRD (*Decision Requirements Diagram*). Essa representação conta com quatro elementos gráficos: dados de entrada, conhecimento de negócio, decisão e fonte de conhecimento (opcional).

Em um modelo de processos de negócio, a separação das regras de negócio das atividades do processo em si tem, como principal vantagem, a implementação da boa prática de Separação de Preocupações, ou SoC (*Separation of Concerns*) (DIJKSTRA, 1974). Esse isolamento de cada conceito auxilia na compreensão, com uma visão de análise de submodelos separadamente (DIJKSTRA, 1974).

### 3.2 Microsserviços

Microsserviços constituem uma abordagem de arquitetura de software na qual uma aplicação é separada em serviços isolados e independentes, cada um resolvendo um problema de negócio, facilitando a atualização, escalabilidade e manutenção do sistema como um todo (FOWLER, 2017). Com a arquitetura de microsserviços é possível usar diferentes linguagens de programação em cada microsserviço de um mesmo projeto/sistema, permitindo extrair vantagens de cada linguagem, de acordo com os objetivos do microsserviço.

Em 2022, um levantamento da empresa JetBrains mostrou que microsserviços eram utilizados em 86% dos projetos (*design*) de sistemas, seguido por 38% de arquiteturas orientadas a sistemas e 19% de monolitos com *front-end* Web (JetBrains s.r.o., 2022). O levantamento contou com respostas de 29.269 desenvolvedores de diferentes lugares do mundo que participaram do estudo em maio e julho de 2022.

Em arquiteturas monolíticas, todos os processos são executados em um único serviço. Se um processo apresentar uma falha, todo o sistema pode ficar fora do ar. Além disso, se um único processo tiver um pico de demanda, todo o sistema deverá passar por um balanceamento de carga (a arquitetura deverá ser escalada).

### 3.3 Linguagem Go

A linguagem de programação Go, também conhecida como Golang, foi criada pela empresa Google em 2009 e disponibilizada ao público em 2012 por meio de uma plataforma com compilador de código aberto. O time responsável pelo seu desenvolvimento incluiu Ken Thomson, conhecido pela participação na criação do sistema operacional UNIX e pela influência na linguagem de programação C.

Golang foi desenvolvida para solucionar o problema de lentidão e imperícia no desenvolvimento de software na Google, aumentando o desempenho dos sistemas. Além disso, visou aumentar a produtividade de programação devido à sua simplicidade e tipagem forte, o que contribui para evitar erros de implementação de sistemas. Golang também tem suporte nativo à programação concorrente.

### 3.4 Contêineres, Docker e Kubernetes

Contêineres são processos isolados, com seus próprios sistemas de arquivos. A criação de um contêiner é definida por um arquivo que define suas especificações e instruções a serem seguidas, estes arquivos são chamados de imagens. Há algumas ferramentas para geração, execução e armazenamento de imagens de contêineres, como: Podman, Buildah, BuildKit, entre outras. No entanto, a tecnologia mais popular, que será usada neste trabalho, é o Docker.

Na arquitetura Docker, o Docker *daemon* (*host*) é responsável por construir, executar e distribuir os contêineres Docker. Um software cliente faz requisições ao *host*, que usa imagens que podem estar tanto localmente quanto em um *registry*, como o Docker Hub, que armazena imagens Docker.

A tecnologia Kubernetes, por sua vez, é utilizada para orquestração de contêineres, sendo também conhecida como K8s. Foi projetada pela empresa Google e é mantida atualmente pela Fundação *Cloud Native Computing*, com a finalidade de gerenciar e automatizar aplicações com contêineres, proporcionando escalabilidade e tratando de aspectos de acessibilidade na rede e volumes de persistência de dados. Kubernetes possibilita a execução de sistemas distribuídos com alta tolerância a falhas, proporcionando técnicas de escalonamento e recuperação.

Além disso, Kubernetes possibilita a execução dos contêineres em uma ou mais máquinas. Já na ferramenta similar Docker Compose, todos os contêineres são executados em uma única máquina *host*, sendo ele mais

adequado para poucos serviços.

Cada conjunto de máquinas, “*cluster*”, possui um ou mais “*nodes*”, que são máquinas, virtuais ou reais, que possuem “*pods*”, que representam um ou mais contêineres. Os *pods* são gerenciados por outros componentes, como objetos “*deployment*”, que descrevem como um conjunto de *pods* deve ser executado e gerenciado, definindo, por exemplo, qual imagem será usada, quantas réplicas serão geradas e quais recursos serão destinados para a execução do contêiner. O sistema Kubernetes conta com objetos do tipo “*service*”, que criam uma rede interna para que os *pods* possam se comunicar entre si ou externamente.

### 3.5 Apache Kafka

Apache Kafka é uma plataforma de mensageria distribuída, de código aberto, escalável, com alto desempenho, segurança e com alta disponibilidade (*High-Availability*). Essa plataforma utiliza um sistema de publicação e assinatura, no qual produtores enviam mensagens para um ou mais tópicos e consumidores se inscrevem nos tópicos para receber as mensagens.

Essas mensagens, no formato de *stream* de dados, ficam armazenadas em arquivos históricos (*logs*) distribuídos durante um tempo de retenção definido, evitando a perda desses dados. Para isso, são utilizados sistemas distribuídos de servidores e clientes que se comunicam por meio do protocolo TCP (*Transmission Control Protocol*).

Os softwares clientes são capazes de ler, escrever e processar *streams* de eventos. Os clientes podem ser implementados com diferentes linguagens, como: Java, Scala, Go, Python, C/C++, etc. Tópicos são formados por diferentes partições, localizadas em diferentes máquinas, chamadas de “*brokers*”.

### 3.6 Modelo de Processos de Negócio Abordado Neste Trabalho

Com o objetivo de apresentar a sistemática do desenvolvimento de um microsserviço que implementa regras de negócio DMN, será utilizado o modelo de processos de negócio de contas a pagar de uma organização, “*Accounts Payable+*” (Figura 1), cuja tabela de regras de negócio DMN é apresentada na Figura 2.

Esse modelo é uma adaptação do modelo disponível no repositório público *Bizagi* para a inserção de uma regra de negócio que define os descontos e tarifas de uma fatura com base no seu fornecedor, preço e tipo (internacional ou nacional). O modelador *Bizagi* não permite a inserção de regras de negócio DMN, por isso, o modelo escolhido foi transferido para o *Camunda*. Os atributos estendidos e executantes, do *Bizagi*, foram mapeados, respectivamente, para propriedades estendidas e “*Assignee*”, no menu *User Assignment* no *Camunda*.

## 4. IMPLEMENTAÇÃO DA REGRA DE NEGÓCIO EM DMN

Nesta seção, serão apresentados procedimentos para o desenvolvimento de microsserviços que implementam as regras de negócio representadas na notação DMN em um modelo de processos de negócio em BPMN.

Atividades lógicas em DMN contemplam uma tabela de decisão. Observa-se, inicialmente, que o modelador *Camunda* possibilita a exportação de arquivos XML a partir de cada tabela de decisão modelada, segundo a representação mostrada na Figura 3.

A propriedade da tabela de decisão que define como as regras vão ser implementadas é chamada “*Hit policy*”. Dependendo do valor dessa propriedade, pode-se determinar se há apenas uma saída ou mais.

Com um dos seguintes valores, haverá somente uma saída: “*Unique*” (só uma regra pode corresponder às variáveis de entrada; “*First*” (é escolhida a primeira regra correspondente de cima para baixo). Com os seguintes valores, haverá mais de uma saída: “*Collect*”, “*Rule Order*” ou “*Output Order*”. Neste trabalho será implementada uma tabela com *hit policy* igual a *First*, que é o padrão na plataforma *Camunda*.

A tabela de decisão também possui *arrays* para entrada (*input*) e saída (*output*), ambos contendo um *label*, que é o nome da coluna correspondente na tabela. *Input* conta também com *inputExpression*, que define qual o tipo de dados da entrada e *inputValues*, propriedade opcional que representa quais valores essa entrada pode ter. O *array rule* faz a ligação entre *input* e *output* definindo quais as saídas de acordo com as entradas recebidas.

Considere, inicialmente, um modelo  $m_r$  na notação BPMN com  $r$  atividades em DMN e  $t_i$  ( $1 \leq i \leq r$ )

representando as regras de negócio (tabelas de decisão) de cada uma dessas atividades. Considere que para cada  $i$  contido em  $r$ , existe um arquivo XML  $a_i$  exportado de uma tabela  $t_i$  na plataforma Camunda. Considere também que cada microserviço está implementado em um diretório  $d_r$  para uma regra de negócio. Para cada  $i$  contido em  $r$ ,  $d_i$  contém:

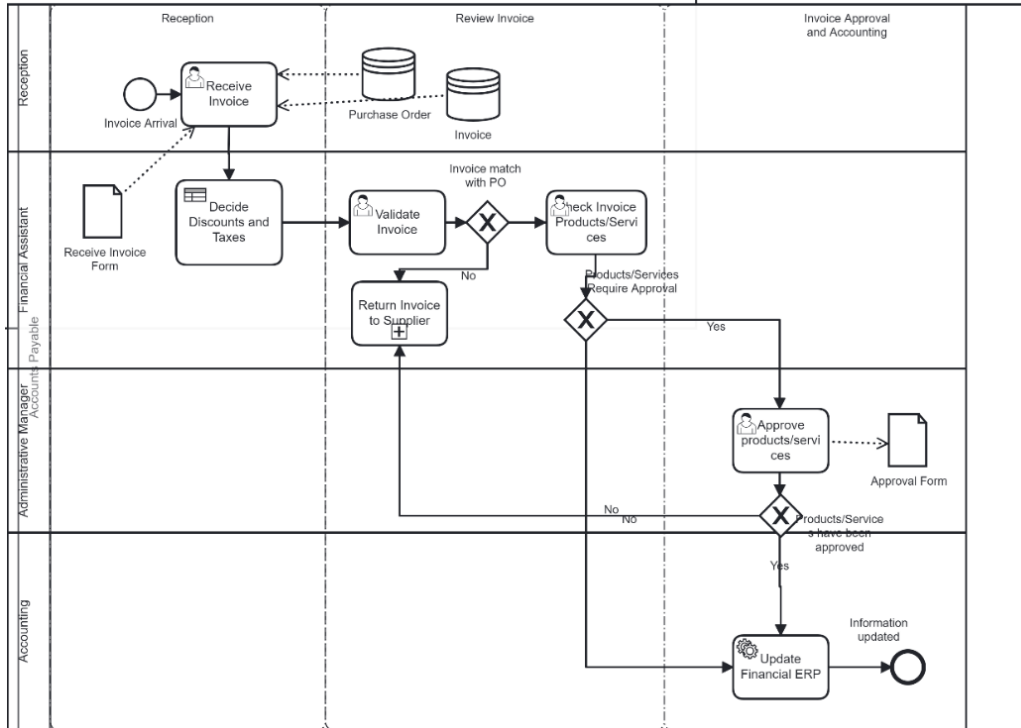


Figura 1. Modelo de processo de negócio "Accounts Payable+"

Decide discounts and taxes | Hit Policy: First

	When	And	And	Then	And
	Supplier	Price	Type	Taxes	Discounts
	"Almir","Betina","Cecilia"	number	"Nacional","Internacional"	number	number
1	"Betina"	< 1000.00	"Internacional"	15.00	5.00
2	"Betina"	[1000.00..5000.00]	"Nacional", "Internacional"	10.00	4.00
3	"Betina"	>= 5000.00	"Nacional", "Internacional"	40.00	20.00
4	"Cecilia", "Almir"	< 14000.00	"Internacional"	30.00	14.00
5	"Cecilia", "Almir"	[14000.00..20000.00]	"Nacional", "Internacional"	50.00	20.00
6	"Almir"	> 20000.00	"Internacional"	50.00	24.00
7	"Cecilia"	> 20000.00	"Internacional"	35.00	30.50

Figura 2. Tabela de regras de negócio DMN "Decide Discounts and Taxes"

```

dmnXML {
  definitions: {
    decision: {
      decisionTable: {
        hitPolicy: string,
        input[:]: { label: string, inputExpression: {typeRef}, inputValues?: string, }
        output[:]: { label: string; }
        rule[:]: { inputEntry[:]: string }
      }
    }
  }
}
    
```

Figura 3. Estrutura de um arquivo XML a partir de tabelas em DMN

- Diretório *Model* ( $d_i$ -*model*): contém arquivos relacionados a área de domínio de  $r_i$ ;
- Diretório *Parser* ( $d_i$ -*parser*): contém arquivos relacionados a extração das variáveis necessárias para a decisão a partir de  $a_i$ ;
- Diretório *Decision* ( $d_i$ -*decision*): contém arquivos relacionados a entrada de dados no microserviço e definição da saída;
- Diretório *Utils* ( $d_i$ -*utils*): contém arquivos auxiliares para as funções;
- Arquivo *main.go*.

Como convenção, as aplicações construídas em Go contêm um arquivo *main.go*, que é executado inicialmente. Dessa forma, cada  $d_i$  contém um arquivo *main.go*, implementado conforme o algoritmo da Figura 4a. No passo (1), a variável *path* recebe o caminho do diretório atual até o arquivo  $a_i$ , o qual deve ser inserido no diretório  $d_i$ -*model*. O passo (2) é implementado como uma função *NewDefinitions*, contida em  $d_i$ -*parser*, que recebe a variável *path* e retorna a variável *definitions*, que tem a estrutura como definido na Figura 3.

Essa variável é usada nos passos (3) e (4), implementados, respectivamente, como as funções *NewInputDefinitions* e *NewRules*, também contidas em  $d_i$ -*parser*. A partir de *definitions*, são extraídas três variáveis representadas na Figura 4b. Esse processo tem como o objetivo simplificar a representação de  $t_i$ .

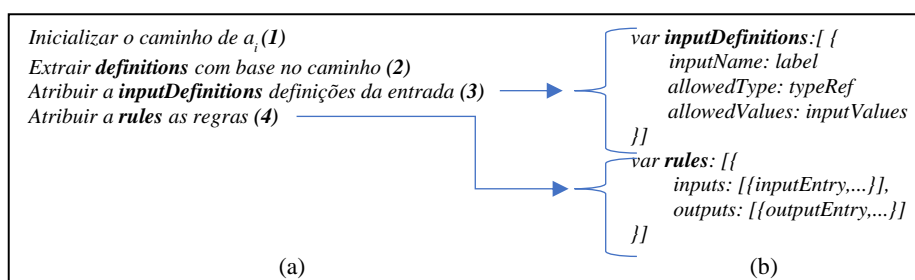


Figura 4. (a) algoritmo para extração de variáveis; (b) variáveis extraídas a partir dos passos 3 e 4

A partir de cada entrada recebida por meio de um consumidor Kafka, cuja implementação está definida na Seção 5.2, são verificadas as regras de acordo com a Figura 5. Para cada regra extraída da estrutura em XML na variável *rules*, o algoritmo verifica se todas as entradas de alguma delas correspondem aos campos da entrada recebida. A verificação ocorre com base no tipo e valores permitidos para cada entrada na regra.

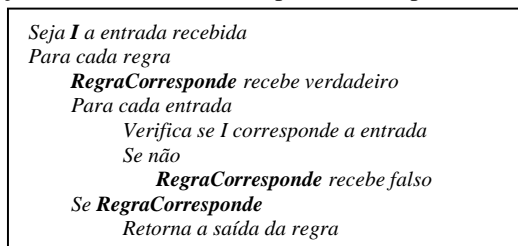


Figura 5. Definição da estrutura da entrada e saída do microserviço

Os algoritmos apresentados para a extração das regras e verificação da saída foram implementados de forma genérica com a linguagem Go. Isso significa que podem ser utilizados para qualquer tabela de decisão de um elemento em DMN. Por outro lado, é necessário definir a estrutura do tipo da entrada que será verificada com seus campos. Portanto,  $d_i$ -*model* deve conter um arquivo com a estrutura (*struct*) dos objetos que serão recebidos pelo *consumer* e enviados pelo *producer*.

Os procedimentos apresentados foram implementados considerando o modelo *AccountsPayable+* e o código está disponibilizado no *GitHub*. Para o caso de estudo, as estruturas de entrada e saída do microserviço.

## 5. INTEGRAÇÃO COM O APACHE KAFKA

Nesta seção, será apresentada a integração da atividade lógica definida na Seção 4 com outros microserviços usando a plataforma de *streaming* de eventos Apache Kafka. A Seção 5.1 apresenta a implementação dos

produtores e consumidores de eventos, enquanto a Seção 5.2 descreve a integração do Apache Kafka com o sistema Kubernetes.

## 5.1 Implementação de Produtores e Consumidores Kafka

Para que o microsserviço de regras de negócio receba as entradas e retorne as saídas será utilizado o sistema de produtores e consumidores Kafka, implementados na linguagem Go, usando a biblioteca “Confluent”.

A Figura 6a apresenta a comunicação do microsserviço com o serviço Kafka. O consumidor lê mensagens no tópico em que está inscrito, a mensagem é processada pelo algoritmo que define a saída a partir de uma entrada e retorna a saída, que é enviada pelo produtor no tópico “*decision-output*”. Na Figura 6b são apresentadas a definição de um consumidor e de um produtor, que possuem as configurações: (a) “*bootstrap.servers*”, que deve ser o nome e a porta do serviço do Kafka na configuração do Kubernetes; (b) “*group.id*”, que determina o grupo ao qual o consumidor pertence; (c) “*auto.offset.reset*”, que define a ordem de leitura das mensagens. Além disso, o consumidor deve se inscrever no tópico “*invoices*”, no qual irá consumir as mensagens.

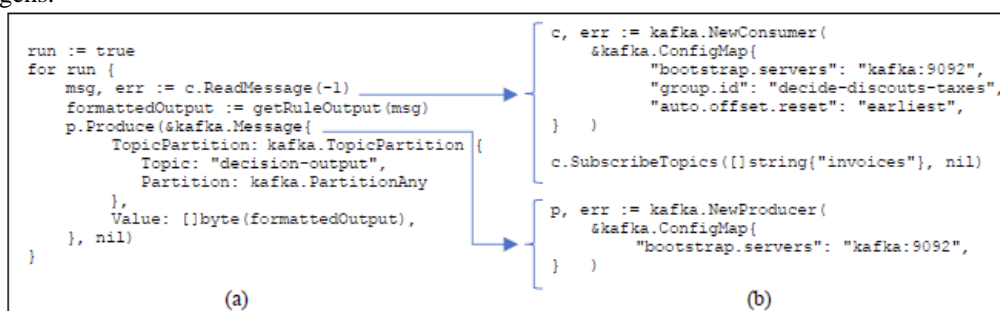


Figura 6. Uso dos serviços Kafka: (a) recebimento e envio de dados pelo microsserviço; (b) definição de consumidor e produtor

## 5.2 Integração do Kafka com Kubernetes

Para o funcionamento da aplicação, os serviços que utilizam consumidores e/ou produtores precisam estar na mesma rede que o serviço do sistema Kafka. Para isso, é necessário criar contêineres, por meio de imagens Docker, e objetos no ambiente Kubernetes. A imagem do microsserviço *Decide Discounts and Taxes*, que contempla a implementação da regra de negócio, além de um consumidor e um produtor, foi gerada através do *Dockerfile* apresentado na Figura 7. Os números destacados entre parênteses são utilizados como indicadores de linhas de comando e não pertencem ao *Dockerfile*.

Na Figura 7, a linha indicada por (1) define a imagem base para a criação da nova imagem. No caso, a imagem oficial da linguagem Golang v1.19. As linhas (2) e (3) criam o diretório “*home/decide-discounts-taxes*” e o definem como diretório de trabalho do contêiner. As linhas (4) e (5) copiam os arquivos “*go.mod*” e “*go.sum*”, que definem os pacotes utilizados pela aplicação e fazem a sua instalação. A linha (6) copia o código do microsserviço e a linha (7) executa o comando que constrói o executável da aplicação. Por fim, a linha (8) executa o código gerado, inicializando o microsserviço.

A Figura 8 mostra o procedimento da criação do objeto de *deployment* do microsserviço “*Decide Discounts and Taxes*”, com base no procedimento descrito por Cruz (2021). As linhas indicadas por (1) determinam o nome do *deployment* e o contêiner que irá executar a aplicação. As linhas indicadas por (2) determinam a *label* a ser utilizada pelo objeto *service* correspondente. A linha (3) determina a imagem do contêiner e a linha (4) a porta exporta pelo contêiner.

Para a utilização do serviço Kafka, são necessários os objetos *statefulset* e *service* para o Kafka e para o Zookeeper, que é um serviço centralizado usado para manter os dados de nomenclatura e sincronizar sistemas distribuídos, administrando os tópicos e partições do Kafka. A Figura 9 apresenta os procedimentos para a criação dos seguintes objetos para o serviço Kafka, que são correspondentes ao serviço Zookeeper: *statefulset* (Figura 9a) e *service* (Figura 9b). Os procedimentos para o objeto *statefulset* seguem o mesmo padrão usado para o objeto *deployment* do microsserviço de regras de negócio, alterando apenas a imagem, o número da porta

e as variáveis de ambiente. Na Figura 9, todas as linhas marcadas com (1) definem o nome do objeto; as marcadas com (2) definem o *label* que será utilizada para selecionar os objetos do tipo *deployment* correspondentes; a linha (3) define a porta fonte; a linha (4) define a porta alvo. Dessa forma, o objeto *service* irá mapear a porta fonte com a porta alvo, de acordo com o *label*.

```

apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  labels:
    run: decide-discounts-taxes (2)
  name: decide-discounts-taxes (1)
spec:
  replicas: 1
  selector:
    matchLabels:
      run: decide-discounts-taxes (2)
  strategy: {}
  template:
    metadata:
      labels:
        run: decide-discounts-taxes (2)
    spec:
      containers:
        - image: docker.io/marianalavoura/decide-discounts-taxes:latest (3)
          name: decide-discounts-taxes (1)
          ports:
            - containerPort: 5000 (4)
          resources: {}
      status: {}

```

Figura 7. Código do arquivo *Dockerfile* do microserviço “*Decide Discounts and Taxes*”

```

FROM golang:1.19 (1)

RUN mkdir ../home/decide-discounts-taxes (2)
WORKDIR /home/decide-discounts-taxe (3)

COPY go.mod go.sum ./ (4)
RUN go mod download (5)
COPY . ./ (6)
RUN go build -o . (7)

CMD ["../decide-discounts-taxes"] (8)

```

Figura 8. Criação do objeto *de deployment* para o microserviço “*Decide Discounts and Taxes*”

## 6. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foram apresentados procedimentos para a implementação de um microserviço que automatiza as tabelas de decisão nas atividades modeladas pela notação DMN. Esta abordagem proporciona maior flexibilidade para adaptar os processos de negócios às mudanças nas regras de negócios, o que é especialmente importante em ambientes dinâmicos e em rápida evolução. A contribuição da modelagem com DMN e a automatização com microserviços torna-se ainda mais significativa à medida que aumenta o volume de transações ou decisões que precisam ser tomadas rapidamente. Para isso, associado à escalabilidade e desacoplamento proporcionado pelos microserviços, buscou-se utilizar recursos computacionais que proporcionassem desempenho, portabilidade e facilidades de implementação e manutenção, considerando a Engenharia de Software Contínua.

Considerando que um microserviço siga os procedimentos apresentados neste trabalho, para ser integrado a um BPMS, recomenda-se que sejam realizados testes para analisar todos os caminhos básicos viabilizados pela tabela de decisão, que podem ser representados por meio de grafos. Isso pode ser feito por meio de um microserviço específico, que envia e recebe mensagens por meio de produtores e consumidores do sistema Kafka. Como trabalho futuro, devem ser realizados estudos de caso em organizações reais para avaliar a

eficácia e a eficiência do microsserviço proposto em diferentes contextos de negócios.

<pre> apiVersion: apps/v1 kind: StatefulSet metadata:   name: kafka (1) spec:   serviceName: "kafka"   replicas: 1   selector:     matchLabels:       app: kafka (2)   template:     metadata:       labels:         app: kafka (2)     spec:       containers:         - image: bitnami/kafka:3.4.0           name: kafka           ports:             - containerPort: 9092           resources: {}           env:             - name: ALLOW_PLAINTEXT_LISTENER               value: "yes" </pre> <p style="text-align: center;">(a)</p>	<pre> apiVersion: v1 kind: Service metadata:   name: kafka (1)   labels:     app: kafka spec:   ports:     - port: 9092 (3)       name: kafka       targetPort: 9092 (4)   selector:     app: kafka (2) </pre> <p style="text-align: center;">(b)</p>
--	---

Figura 9. Criação dos seguintes objetos Kubernetes para o serviço Kafka: (a) statefulset; (b) service

## REFERÊNCIAS

- Caravieri, F. P. M. (2019). *Sistemática para desenvolvimento de microsserviços a partir de modelos de processos de negócio*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 130p.
- Cruz, D. A.; Oliveira, H. C.; Lavoura, M. F. (2021). Análise das tecnologias Firebase e Kubernetes para implementação de microsserviços na abordagem BPM. *In Conferência Ibero-Americana WWW/Internet (CIAWI)*. IADIS, Lisboa, Portugal, 2021. p. 3-12.
- Dijkstra, E. W. (1974). *On the role of scientific thought*. Disponível em: <https://www.cs.utexas.edu/users/EWD/transcriptions/EWD04xx/EWD447.html>. Acesso em: nov. 2022.
- Entringer, T. C.; Ferreira, A. S.; Nascimento, D. C. O. (2019). *Comparative analysis of the main business process modeling methods: a bibliometric study*. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/CCsjn7kpKNmwz33xPtJnmdB>. Acesso em: nov. 2022.
- Falcioni, D. (2021). *OLIVE, a Model-Aware Microservice Framework*. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-91279-6\\_7](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-91279-6_7). Acesso em: maio 2023.
- Fowler, S. J. (2017). *Microsserviços prontos para a produção*. Novatec, São Paulo, 224 p.
- França, B. B. N. Simões, R. V.; Silva, V.; Travassos, G. H. (2017). Escaping from the time box towards continuous planning: an industrial experience. *In International Workshop on Rapid Continuous Software Engineering*. Buenos Aires, Argentina, p. 43-49.
- Harmon, P.; Garcia, J. (2020). *BPTrends Report: The State of Business Process Management: 2020*. BPTrends Report.
- JetBrains s.r.o., (2022). *Microservices – The State of Developer Ecosystem in 2022 Infographic*. Disponível em: <https://www.jetbrains.com/lp/devecosystem-2022/microservices/>. Acesso em: nov. 2022.
- Nousias, N. (2021). *Business Process and Decision automation: End-to-end deployment with a BPMN and DMN-based workflow engine*. Science Applied Informatics (Master). University Of Macedonia, Thessaloniki. 198 p.
- OMG - Object Management Group (2015). *Decision Model and Notation*. Disponível em: <https://www.omg.org/spec/DMN/1.0>. Acesso em: out. 2022.

# UTILIZAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA VERIFICAR NOTÍCIAS FALSAS COM A UTILIZAÇÃO DO CHATGPT

Verônica Souza dos Santos<sup>1</sup>, André Luiz Marques Serrano<sup>1</sup>, Maria Karolina Beckman<sup>1</sup>,  
Bruno Garcia Praciano<sup>1</sup>, Geraldo Pereira Rocha Filho<sup>2</sup> e Edna Dias Canedo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Pós-graduação Profissional em Engenharia Elétrica – PPEE – Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil, Zip Code 70910-900*

<sup>2</sup>*Departamento de Ciências Exatas e Tecnológica (DCET)*

*Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) -- Vitória da Conquista, BA, Brasil, Zip Code 45083-900*

## RESUMO

A globalização e a utilização massiva das redes sociais têm facilitado a disseminação de informações no ambiente online. Essas informações frequentemente possuem relevância significativa no âmbito cultural e social. Por outro lado, observa-se a facilidade de manipulação dessas informações, bem como a produção e veiculação de relatos que divergem da realidade, sendo conhecidas popularmente como notícias falsas (fake news). Esse desafio representa um tópico relevante nas áreas de pesquisa e inovação. A proposta desse artigo é a construção de um mecanismo que auxilie no processo de verificação das informações, utilizando o ChatGPT para verificar a credibilidade de uma notícia a partir da URL do site. Tal mecanismo visa a criação de um modelo composto pela coleta e envio de dados através das bases de informações já existentes para consolidação do tipo de mensagem, com o intuito de fazer a detecção preventiva e contínua de fake news. Como forma de prova de conceito, esta pesquisa utiliza a ferramenta ChatGPT devido a sua capacidade de processamento em grande escala, acessos via API e a capacidade de correlacionar dados em função dos modelos de linguagem utilizadas em treinamento de aprendizado de máquina.

## PALAVRAS-CHAVE

Inteligência Artificial, ChatGPT, Métodos de Classificação, Fake News

## 1. INTRODUÇÃO

A propagação de notícias falsas constitui um fenômeno que não é recente, todavia tem se intensificado substancialmente com o progresso tecnológico e a proliferação de plataformas de mídias sociais. Nesse cenário, o termo *fake news* se faz presente como um fenômeno caracterizado pela disseminação desenfreada de desinformação, alcançando um público consideravelmente mais amplo quando comparado à divulgação de notícias autênticas. Tal disseminação apresenta impactos significativos em diversos setores, incluindo mercados financeiros, processos decisórios, mecanismos democráticos e processos eleitorais (Silva Junior, 2021).

No contexto brasileiro, a Lei nº 12.965 de 2014, denominada Marco Civil da Internet, foi instituída com o objetivo de regular o uso da internet. Essa legislação se fundamenta nos princípios da liberdade de expressão e aborda uma gama de questões relevantes, como o direito universal ao acesso à internet, a preservação da neutralidade da rede e a proteção dos dados pessoais e da privacidade dos usuários. No entanto, esse marco regulatório se mostra insuficiente no combate às *fake news*, considerando que seu artigo 19 estipula que os provedores de aplicações na internet não possuem responsabilidade civil pelos danos decorrentes de conteúdos gerados por terceiros (Brasil, 2014).

Com a evolução dos sistemas de Inteligência Artificial, emergiu uma ferramenta potente que pode ser utilizada na verificação de notícias. Essa ferramenta, chamada ChatGPT, utiliza modelos generativos de texto baseados em grandes modelos de linguagem. Devido a suas características, o ChatGPT possibilita, através de engenharia de prompt, a formulação e checagem de diversas questões junto ao algoritmo em uso e seu modelo de dados. Por meio da integração de APIs, é possível criar um mecanismo para o envio rápido e a consequente



verificação de informações sensíveis em diversos contextos. Por outro lado, é importante salientar que não há como garantir a precisão exata na resposta dos modelos de IA generativos, uma vez que são derivados de uma série de dados de entrada utilizados para o treinamento do modelo. Tal fato pode resultar na perda de confiança na resposta gerada, o que deve ser considerado ao se implementar estruturas de verificação de dados.

Nesse contexto, o presente artigo tem o objetivo de explorar o potencial do ChatGPT como ferramenta de auxílio na verificação de notícias, capaz de identificar rapidamente suspeitas acerca da veracidade de uma informação e de acionar novos níveis de checagem. A proposta deste estudo é realizar a verificação da credibilidade de veículos de informação a partir de uma dada notícia, enviando comandos de prompt. Na primeira fase deste trabalho, a principal proposta é validar as respostas fornecidas pelo modelo generativo, as quais serão analisadas manualmente em contraste com outras fontes de referência. Do ponto de vista de segurança da informação, a proposta busca avaliar a integridade dos dados publicados e sua relação com a possibilidade de verificação da origem da notícia e seu possível impacto considerando aspectos de confiança, já que a aceitação do conteúdo passa por uma avaliação humana de checagem.

O artigo está dividido em 5 partes que incluem a Introdução, que realiza uma breve contextualização e explicita a contribuição do trabalho, o Referencial Teórico e Trabalhos Correlatos que explica o conceito de ChatGPT e *fake news* e introduz a linguagem *Python* utilizada no trabalho, a proposta de método de verificação que coloca em evidência os passos realizados para a obtenção dos Resultados que, por sua vez, define os critérios de comparação entre algoritmos e o ChatGPT. Ao final do artigo encontra-se a Conclusão que realiza um resumo do artigo com as conclusões obtidas dos resultados e explorando possibilidades de extensão de estudos que seguem uma linha similar.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO E TRABALHOS RELACIONADOS

### 2.1 ChatGPT e Fake News

O ChatGPT é um agente conversacional construído sobre os modelos GPT que por sua vez são modelos de linguagem de uso geral que podem realizar uma ampla variedade de tarefas, desde criar conteúdo original até escrever código, resumir texto e extrair dados de documentos, lançados previamente pela *OpenAI*. Essa série de modelos começou com o GPT-1, seguido pelo GPT-2, GPT-3 e, por fim, o GPT-3.5, que serve como base para o ChatGPT. Esses modelos utilizam uma arquitetura de rede neural chamada *transformer*, desenvolvida para resolver o problema de tradução automática neural. Essa arquitetura permite prever a próxima palavra de uma frase de entrada com base em probabilidades calculadas a partir de dados de treinamento, resultando em uma frase de saída. O ChatGPT foi ajustado com a rotulagem de treinadores humanos usando Aprendizagem por reforço com *feedback* Humano (RLHF) para otimizar o modelo anterior (3.5) para conversas de bate-papo.

No caso específico de *fake news*, Hoes et al. (2023) conduziu um estudo para avaliar a capacidade do ChatGPT de verificar a veracidade de fatos. Os autores usaram um *dataset* coletado do popular site de verificação de fatos *PolitiFact*. O conjunto de dados contém 21.152 declarações de 2007 até 2022 incluídas que são verificadas por especialistas em uma das seis categorias: verdadeiro, quase verdadeiro, meio verdadeiro, principalmente falso, falso e "*pants on fire*", o último dos quais é categoria do *PolitiFact* para declarações que são flagrantemente falsas. O ChatGPT categorizou as declarações corretamente em 72% dos casos, com precisão significativamente maior na identificação de afirmações verdadeiras (80%) do que afirmações falsas (67%). Sendo assim, embora não sendo uma ferramenta sem falhas, o ChatGPT tem certa credibilidade para classificar se informações são falsas ou não.

Além da verificação das notícias em si, é possível utilizar o ChatGPT para verificar a credibilidade de plataformas como um todo. Yang e Menczer (2023) desenvolveram uma metodologia para classificar a credibilidade de plataformas utilizando engenharia de prompt no ChatGPT. Os autores desenvolveram uma estrutura para conseguir receber uma resposta bem estruturada do chat em relação à credibilidade do veículo de informação. A adaptação correspondente da estrutura para o português é mostrada na Figura 1 em um exemplo real com o ChatGPT.

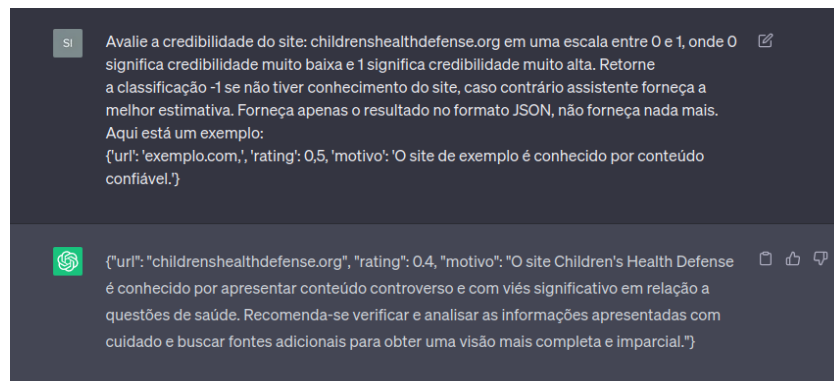


Figura 1. Método para classificar a credibilidade de sites de informação com o ChatGPT Yang e Menczer (2023)

## 2.2 Python

A linguagem Python (Brainwy, 2014-2018) foi projetada com a filosofia de enfatizar a importância do esforço do programador sobre o esforço computacional. Prioriza a legibilidade do código sobre a velocidade da execução, tendo uma sintaxe concisa e clara. Além disso, conta com os recursos poderosos para implementação de algoritmos de Inteligência Artificial – IA, pois possui frameworks desenvolvidos por terceiros, bastante adequada para efeito da validação dos resultados deste artigo.

O uso de Python como linguagem de programação neste trabalho, deve-se a vários motivos, cabendo principalmente no que se relaciona a parte de coleta de informações “busca de fontes” para confrontar com as informações geradas pelo ChatGPT, conforme demonstrados no Algoritmo “1” e nos resultados do capítulo 4. Além de, alguns pontos fortes dessa linguagem que influenciaram na implementação do modelo de busca de validação deste trabalho. O primeiro ponto forte é que é uma linguagem altamente portátil. Isso quer dizer que o desenvolvimento de eventuais classes ou soluções podem ser migrados para outras plataformas sem grande esforço. Outro ponto importante é da flexibilidade da linguagem utilizados em algoritmo de inteligência artificial, possuindo uma extensa biblioteca para tais fins.

Para o tempo de validação, foi levado em consideração o tempo de processamento e o comportamento esperado para o treinamento de aprendizagem de máquina conforme resultados da Tabela 2.

## 2.3 Trabalhos Relacionados

Granik e Mesyura (2017) apresentam um método simples de detecção de notícias falsas usando o classificador Naive Bayes. O estudo tem como objetivo examinar a eficácia desse método específico ao lidar com um conjunto de dados de notícias rotuladas manualmente. Os resultados mostram que, embora a precisão para a classificação de notícias verdadeiras e falsas seja semelhante, a precisão para notícias falsas é ligeiramente inferior. Isso pode ser atribuído ao desequilíbrio do conjunto de dados, que contém apenas 4,9% de notícias falsas. No entanto, mesmo com um algoritmo relativamente simples como o Naive Bayes, a pesquisa demonstra que técnicas de Inteligência Artificial podem ser eficazes na detecção de notícias falsas, dado que a precisão do método foi de 0,71. Conclui-se que essas abordagens têm potencial para enfrentar esse importante problema.

Khattar et al. (2019) propôs a Multimodal Variational Autoencoder (MVAE), uma rede de ponta a ponta que utiliza um *autoencoder* variacional multimodal que aprende representações compartilhadas (visual + textual) para auxiliar na detecção de notícias falsas. O modelo é composto por três componentes principais: um codificador, um decodificador e um módulo detector de notícias falsas. Foram realizados experimentos extensivos em dois conjuntos de dados padrão de notícias falsas coletados de sites populares de *microblogging*: Weibo e Twitter. No conjunto de dados do Twitter, entre os modelos de única modalidade, o modelo visual apresenta melhor desempenho do que o modelo textual. Entre os modelos multimodais, o att-RNN supera o EANN, o que nos indica que o mecanismo de atenção pode ajudar a melhorar o desempenho do modelo ao considerar as partes da imagem relacionadas ao texto. O MVAE, supera os modelos de referência aumentando a precisão de 66,4% para 74,5% e o F1-score de 66% para 73%.

Zhou et al. (2020) propôs um método para reconhecer a falsidade de um artigo de notícia com base em seu texto, imagens ou na "desconexão" entre o texto e as imagens usando uma equação de similaridade. O método consiste em três módulos: extração de características multimodais (textuais e visuais), previsão de notícias falsas e extração de similaridade cruzada entre modos. Para cada artigo de notícia, são utilizadas redes neurais para obter automaticamente a representação latente de suas informações textuais e visuais, com base nas quais é definida uma medida de similaridade entre elas. Os experimentos foram realizados em dois conjuntos de dados bem estabelecidos de detecção de notícias falsas. Os artigos de notícias foram coletados de *PolitiFact* e *GossipCop*, ambos com rótulos de verdadeiro ou falso fornecidos por especialistas no domínio. Os resultados mostram que o método proposto é capaz de reconhecer notícias falsas com base na divergência entre as informações textuais e visuais, obtendo baixas pontuações de similaridade para notícias falsas e altas pontuações para notícias verdadeiras.

Ahmad et al. (2020) testou vários algoritmos de *machine learning* para detecção de fake news: regressão logística, KNN, *support vector machine*, *perceptron* multicamada e *ensemble learning*. Os autores utilizaram conjuntos de dados de acesso aberto contendo notícias falsas e verdadeiras de diferentes áreas. Os conjuntos de dados incluem notícias políticas que podem ser verificadas em sites de verificação de fatos, como *politifact.com* e *snopes.com*. Os modelos de conjunto demonstraram uma pontuação geral melhor em todas as métricas de desempenho em comparação com os modelos individuais.

### 3. PROPOSTA DE MÉTODO DE VERIFICAÇÃO

Para este trabalho, foi desenvolvido um ambiente que implementa um método para verificar a veracidade das notícias baseado no método de *dataset*. O método consiste em verificar notícias através de algoritmo para a coleta de dados via interação com o ChatGPT v3.5. Por fim, é computado se as notícias são verdadeiras ou falsas. A Figura 2 mostra uma arquitetura com a visão geral do método proposto.



Figura 2. Descrição do procedimento proposto

Os métodos de coleta de informação foram simulados por este trabalho e implementam um sistema de coleta de informações, baseado na seleção de um número considerável de notícias e seguindo a arquitetura da figura 2 que identifica as notícias, falsas, verdadeiras e duvidosas que serão exploradas nos resultados apresentados no capítulo 4. Dessa forma, a arquitetura segue um procedimento em 3 etapas definidas por uma 1) entrada de informação, 2) Buscas das Fontes 3) Classificação das Fontes 4) computação dos Resultados e 5) Fonte Confiável. É importante ressaltar que os atributos escolhidos podem ser configurados para características específicas de novos sistemas e que a estrutura dos códigos implementados pode ser editada para novas implementações.

#### 3.1 Procedimento 1 - Busca de Fontes

Para o nosso estudo foi utilizado um *dataset* desenvolvido por Garcia et al. (2022), que apresentou um novo conjunto de dados chamado *FakeRecogna*, projetado especificamente para detecção de notícias falsas com o objetivo de apoiar a pesquisa e o desenvolvimento de técnicas na detecção de notícias falsas em língua portuguesa. Ele consiste em um conjunto de notícias rotuladas como verdadeiras ou falsas, coletadas de várias

fontes confiáveis, bem como, de fontes de desinformação, abrangendo uma variedade de tópicos e gêneros de notícias.

Utilizando o *dataset FakeRecogna* tivemos acesso a uma base de dados de alta qualidade, que são fundamentais para o treinamento e avaliação de modelos de detecção de notícias falsas. Isso permitiu conduzir experimentos mais robustos e com resultados mais confiáveis. Para a realização da pesquisa, foi necessário realizar etapas de pré-processamento dos dados, como limpeza de texto, remoção de ruídos e padronização de formato, que garantiu que os dados estivessem em um formato adequado para serem utilizados pelos algoritmos e modelos de detecção de notícias falsas que planejamos empregar.

Além disso, podemos utilizar o *dataset FakeRecogna* para desenvolver e avaliar diferentes técnicas de detecção de notícias falsas, incluindo abordagens baseadas em aprendizado de máquina, processamento de linguagem natural, redes neurais, entre outros métodos. O corpus serviu como uma fonte de treinamento para os modelos, nos permitindo explorar e comparar diferentes algoritmos e estratégias. Sendo importante levar em consideração as limitações do *dataset FakeRecogna* e compreender que o *dataset* foi rotulado por especialistas humanos, e a existência de ambiguidades ou subjetividades na classificação das notícias pode afetar os resultados, inclusive podendo gerar dúvidas. Dessa forma, para composição dos resultados é apresentado na forma de pseudocódigo desenvolvido em *python* para identificação do processo de realização das buscas apresentadas no módulo 1 da arquitetura da Figura 2.

---

Algoritmo 1 Pseudocódigo para realizar busca

---

```

1: In [58]:
2: import os
3: import pandas as pd
4: import openai
5: import numpy as np.
6:
7: In [11]:
8: openai.api_key = "
9:
10: In [5]:
11: df = pd.read_csv('planilha.csv', sep=";")
12:
13: In [ ]:
14: df = df[:500]
15:
16: In [14]:
17: def obter_resposta(texto):
    response = openai.Completion.create(
        engine="text-davinci-003",
        prompt=texto,
        temperature=0,
        max_tokens=100,
        n=1,
        stop=None,
        echo=False
    )
18: return response.choices[0].text.strip()
19:
20: In [23]:
21: text = "\nVerifique se é fake news avaliando apenas com os algarismos 0 para fake news,1 para notícia real e -1
para dúvida.\n"
22: In [25]:
23: texto = text + df['Titulo'][0]
24: In [31]:
25: lista = []
26: for index, row in df.iterrows():
    lista.append(obter_resposta(texto+ row['Titulo']))

```

---

## 3.2 Procedimento 2 – Classificação das Fontes

O *FakeRecogna* é um *dataset* desenvolvido para a detecção de notícias falsas e verdadeiras, e sua utilização em conjunto com o ChatGPT oferece uma abordagem abrangente para a classificação das fontes de notícias.

O *FakeRecogna* contém um conjunto de notícias em português, com informações sobre sua veracidade ou falsidade.

Ao combinar o *FakeRecogna* com o ChatGPT, é possível utilizar o modelo de linguagem para analisar o conteúdo das notícias e avaliar a confiabilidade das fontes. Durante a classificação das fontes de notícias, o ChatGPT utiliza seu conhecimento prévio sobre o contexto das notícias e as características linguísticas associadas a notícias falsas e verdadeiras. Com base nisso, o modelo é capaz de gerar previsões sobre a veracidade das notícias provenientes de diferentes fontes.

A combinação do *FakeRecogna* com o ChatGPT oferece uma abordagem poderosa para a classificação das fontes de notícias, permitindo a identificação de fontes confiáveis e suspeitas. Que pode ser útil para combater a propagação de desinformação e ajudar os usuários a tomar decisões mais informadas ao consumir notícias.

Para este cenário, foi utilizado o Algoritmo 2 utilizando o método da biblioteca da OpenAI que, além de classificar as informações valida a integridade dos dados coletados, através do processo de classificação das fontes apresentados no módulo 2 arquiteturas da Figura 2.

---

#### Algoritmo 2 Pseudocódigo para Classificar as Informações

---

```

1: def obter_resposta (texto):
    response = openai.Completion.create(
        engine="text-davinci-003",
        prompt=texto,
        temperature=0,
        max_tokens=100,
        n=1,
        stop=None,
        echo=False
    )
2: return response.choices[0].text.strip()

```

---

### 3.3 Procedimento 3 – Computar Resultados

Após realizar a classificação das fontes, o próximo passo é computar a credibilidade de cada uma delas. Isso envolve processar a resposta gerada pelo ChatGPT e extrair o valor que representa a credibilidade da fonte mencionada. Essa credibilidade pode ser expressa de várias maneiras, como uma pontuação numérica ou uma classificação em uma escala.

Uma vez que temos a credibilidade de cada fonte, podemos ranqueá-las com base nesse valor. A fonte que obtiver a maior credibilidade será considerada a mais confiável. É importante ressaltar que esse processo pode ser realizado de forma manual, ou seja, por meio da avaliação humana; ou de forma automática, utilizando algoritmos e técnicas de processamento de linguagem natural.

Com base na fonte mais confiável, podemos tomar decisões sobre a veracidade de uma notícia. Essa avaliação pode ser feita manualmente, onde um especialista analisa se a notícia é falsa ou não, utilizando a fonte de maior credibilidade como referência. Alternativamente, podemos usar abordagens automáticas, onde algoritmos de processamento de linguagem natural já existentes são aplicados para realizar a detecção automática de notícias falsas.

No caso da detecção automática, algoritmos de processamento de linguagem natural são treinados com grandes volumes de dados para aprender padrões e características que indicam a veracidade ou falsidade de uma notícia. Esses algoritmos podem utilizar técnicas como análise de sentimentos, verificação de fatos, detecção de informações enganosas, entre outras, para determinar a probabilidade de uma notícia ser falsa.

A fim de obter uma maior confiança e evitar conflitos, também é possível considerar duas ou mais fontes bem-posicionadas no ranking para determinar se uma notícia é falsa ou não. Nesse caso, as informações fornecidas pelas fontes mais confiáveis são combinadas e analisadas em conjunto, visando obter uma visão mais abrangente e assertiva sobre a veracidade da notícia.

## 4. TESTES E RESULTADOS

Para a correta arquitetura de sistemas e seus métodos utilizados para validação dos resultados, é essencial que o planejamento estabeleça critérios definidos que busquem orientar sobre qual alternativa seguir quando se de

uma análise de dados por meio de chamadas de API. Nas seções seguintes, encontra-se expostos os critérios de comparação estabelecidos e seus respectivos resultados, ressaltando mais adequados levando em consideração cada contexto em destaque.

O dataset contém mais de 10,000 notícias e em um primeiro momento foi realizado uma seleção de 500 notícias distribuídos em várias categorias, presentes no *dataset FakeRecogna* (Garcia, 2022), a seguinte distribuição foi utilizada ao realizar a interação com o ChatGPT para verificação se a notícia é falsa “fake” ou um fato. A Tabela 1 mostra os resultados que contém a distribuição de cada categoria de notícias presente no conjunto de dados utilizado para validar a proposta.

Tabela 1. Distribuição categórica de notícias

Categoria	Quantidade
Brasil	37
Ciência	26
Entretenimento	71
Mundo	24
Política	168
Saúde	174

Na segunda etapa foi realizado uma coleta de notícias classificadas entre (Fato, Fake e Dúvidas) que devido a limites relacionados no consumo da API do ChatGPT utilizou-se apenas as 500 notícias previamente selecionadas para realizar a tarefa de interação com o Chat. Dentre as notícias disponíveis foram classificadas 223 notícias classificadas como *fake news* e 185 classificadas como fatos, elas foram representadas no conjunto de dados como 0 e 1 respectivamente. Como algumas notícias podiam ocasionar dúvidas no ChatGPT, uma terceira classificação foi adicionada que é representada por -1, portanto os valores dessa nova classificação seguindo o ChatGPT são representados na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação das notícias após a interação com o ChatGPT

Classificação	Quantidade
Fato	185
Fake	223
Dúvida	92

É possível identificar que para certos padrões de notícias o ChatGPT não consegue classificar de maneira precisa, pois é necessário levar em conta outros fatores e inclusive o seu treinamento foi limitado a um certo período. Portanto, ao realizar essa interação deve levar em consideração que algumas notícias têm padrões mais complexos de análise. A Figura 3 descreve um exemplo de como o ChatGPT pode gerar essa dúvida.

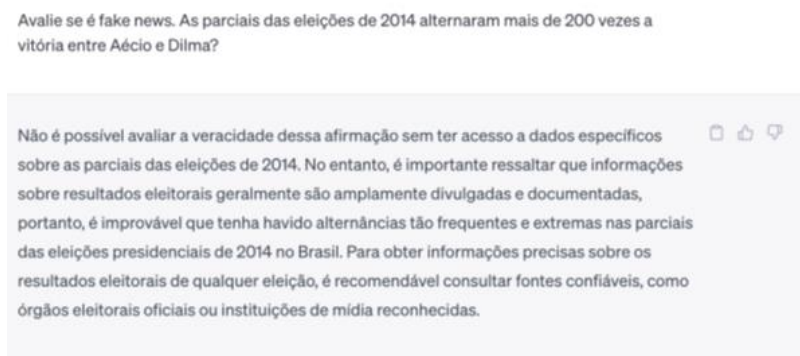


Figura 3. Pesquisa junto ao ChatGPT (Classificação de Dúvidas)

Do ponto de vista de análise de segurança, existem dúvidas sobre os processos de treinamento dos modelos de inteligência artificial e atribuição dos pesos e critérios utilizados na geração de modelos de linguagem grandes de aprendizado de máquina voltados para o processamento de linguagem natural. Nesse momento, não é possível afirmar que as fontes utilizadas são confiáveis ou os critérios empregados podem ser classificados como seguros.

Mesmo que se espere que sistemas de inteligência artificial possam classificar as informações, essa expectativa não corresponde à realidade de muitos algoritmos. Portanto, é essencial saber como medir o nível de acurácia entre as ferramentas para escolher o método de validação dos resultados, o mais recomendado para esse tipo de pesquisa é realizar o treinamento da ferramenta de forma que a mesma possa garantir resultados mais expressivos.

## 5. CONCLUSÃO

Com base nos estudos e experimentos realizados utilizando os três níveis de testes, foi possível identificar seus principais prós e contras, complexidade de implementação e particularidades em relação à criação e validação dos algoritmos, é possível observar a partir da tabela de comparação que, artigo explorou o potencial do ChatGPT como uma ferramenta promissora para auxiliar na verificação de notícias. Os resultados do teste de verificação revelaram que o ChatGPT foi capaz de atribuir *ratings* coerentes com a verificação manual das notícias, sugerindo sua capacidade de discernir informações precisas e confiáveis. Essa descoberta é significativa, pois destaca a utilidade do ChatGPT como uma ferramenta eficaz na luta contra a propagação de desinformação e na promoção de um ambiente de informação mais confiável.

Embora o ChatGPT não deva substituir a verificação manual de notícias, sua capacidade de fornecer *insights* consistentes pode ser uma adição valiosa ao arsenal de ferramentas utilizadas por jornalistas, pesquisadores e leitores preocupados com a veracidade das informações. À medida que avançamos em direção a uma era digital cada vez mais complexa, o potencial do ChatGPT como uma ferramenta de auxílio confiável na verificação de notícias é uma perspectiva emocionante para explorar e desenvolver.

Por fim, também é importante ressaltar que é importante melhorar a acurácia aumentando o nível de testes pois isso essencial continuar aprimorando e refinando essa tecnologia. Entretanto, na busca de casos de estudo para realização desse teste, foi possível perceber que a divulgação de *fake news* por sites é bem escassa quando comparada com a divulgação por posts e mensagens em redes sociais. Sendo assim, trabalhos futuros devem investigar a validação de tais informações extraídas das redes sociais utilizando o método proposto.

## REFERÊNCIAS

- Ahmad, Iftikhar et al. Fake news detection using machine learning ensemble methods. *Complexity*, v. 2020, p. 1-11, 2020. Brainwy. PyDev. 2014–2018. Disponível em: <https://www.pydev.org/>. Acesso em: mar. 2023.
- Brasil. Marco Civil da Internet. *Lei n° 12.965/14*. Estabelece princípios, garantias, direitos e deveres para o uso da Internet no Brasil. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2014/lei/112965.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/112965.htm).
- Garcia, Gabriel L.; Afonso, Luis CS & Papa, João P. FakeRecogna: A New Brazilian Corpus for Fake News Detection. In: *Computational Processing of the Portuguese Language: 15th International Conference, PROPOR 2022, Fortaleza, Brazil, March 21–23, 2022, Proceedings*. Cham: *Springer International Publishing*, 2022. p. 57-67.
- Graeml, Alexandre R. & Silva Junior, José L. *Fake News e seus Impactos nas Organizações*. 2021.
- Granik, Mykhailo & Mesyura, Volodymyr. Fake news detection using naïve Bayes classifier. In: *2017 IEEE first Ukraine conference on electrical and computer engineering (UKRCON)*. IEEE, 2017. p. 900-903.
- Hoes, Emma; Altay, Sacha & Bermeo, Juan. *Using ChatGPT to Fight Misinformation: ChatGPT Nails 72% of 12,000 Verified Claims*. 2023.
- Khattar, Dhruv et al. Mvae: Multimodal variational autoencoder for fake news detection. In: *The world wide web conference*. 2019. p. 2915-2921.
- Yang, Kai-Cheng & Menczer, Filippo. *Large language models can rate news outlet credibility*. arXiv preprint arXiv:2304.00228, 2023.
- Zhou, Xinyi; Wu, Jindi & Zafarani, Reza. Similarity-Aware Multi-modal Fake News Detection. In: *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining: 24th Pacific-Asia Conference, PAKDD 2020, Singapore, 11-14 mai 2020*. Cham: *Springer International Publishing*, 2020. p. 354-367.

# ANALISANDO UX COM DESIGN PARTICIPATIVO EM JOGO PARA CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA: VIDAUT

Daniela Gibertoni

*Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga, Brasil*

## RESUMO

Crianças com autismo tendem a ter menos interesse em assuntos variados e outras vezes muito interesse em assuntos específicos. Pensando em inclusão e processo de aprendizagem por meio de jogos, este artigo tem como objetivo realizar avaliações de usabilidade - testes de usabilidade e análise com base na colmeia de experiência do usuário - em um jogo que está em desenvolvimento para crianças autistas. Existem vários jogos para este público, porém não com a preocupação de que este contribui para o avanço na qualidade de vida destas crianças. Como jogos podem auxiliar o processo de ensino aprendizagem para crianças com TEA? Com base nesta pergunta e com o uso do design participativo (participação de profissionais, pais e responsáveis e as próprias crianças) foi realizado avaliações de usabilidade no jogo VidAut para auxiliar crianças autistas a realizarem atividades rotineiras do dia a dia. Um dos principais aspectos analisados é que não pode haver tempo de transição elevado entre os cenários do jogo, pois a criança deseja o tempo inteiro clicar para ver resultados imediatos, desmotivando-a assim em continuar a jogar.

## PALAVRAS-CHAVE

Experiência do Usuário, Design Participativo, Transtorno do Espectro Autista, Arquitetura da Informação, Acessibilidade, Interação Humano-Computador

## 1. INTRODUÇÃO

A evolução na elaboração das interfaces vem ocorrendo em paralelo à evolução das tecnologias que permitem maior sincronismo e interação dos usuários com estas. Neste sentido, as teorias que compõem a disciplina de Interação Humano-Computador (IHC) nos trouxeram nos últimos anos melhores formas para atender um usuário cada vez mais exigente e ao mesmo tempo mais carente de melhores interfaces e suas interações para a realização de suas atividades rotineiras, principalmente pós pandemia. Neste contexto, a experiência do usuário (User eXperience - UX) deve ser ampliada e revista, principalmente quando se trata de públicos específicos como é o caso das pessoas com Transtorno do Espectro Autista.

Para Tamanaha, Perissinoto e Chiari (2008) o autismo infantil foi definido em 1943 por Kanner, que apresenta como características comportamentais bastante específicas, dificuldades de interação social, de comunicação, expressão, comportamentos estereotipados e repetitivos, com incidência predominante no sexo masculino. Em outras palavras, crianças autistas enfrentam variadas dificuldades na comunicação, no relacionamento social e no comportamento, ou seja, perturbação das relações afetivas com o meio. De acordo também com American Psychiatric Association (APA, 2014, p. 31) o autismo é tido como Transtorno do Espectro Autista e é definido pela presença de “déficits persistentes na comunicação social e na interação social em múltiplos contextos”.

Conforme os dados estatísticos norte-americanos da Central of Disease Control – (<https://search.cdc.gov>), o número de autistas ao redor do mundo aumenta dia a dia: entre 2000 e 2002 a cada 150 crianças 1 possui prevalência; entre 2010-2012 a cada 68 crianças 1; em 2014 a cada 59 crianças 1 com prevalência e por fim em março de 2020, a cada 54 crianças uma apresenta prevalência. Dados mais recentes, 1 em cada 44 crianças com idade de 8 anos. No Brasil, não se tem números da prevalência exatos, porém a estimativa é de 2 milhões segundo Paiva Junior (2019). Neste sentido, é possível constatar que houve mais que o dobro na incidência do Transtorno do Espectro Autista (TEA). Alguns fatores podem ser considerados para este número ter acelerado. O primeiro deles é em decorrência da mudança nos critérios do diagnóstico, podendo ser desde os casos mais



leves de autismo conforme o DSM 5 - Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais, 5 edição (APA, 2014). O segundo está relacionado aos profissionais e médicos especializados em TEA, que vem ganhando um maior número com o tempo. O terceiro tem relação com a divulgação do conceito, em que TEA não é uma doença e que não tem cura, mas que possui critérios para acompanhamento, observação e tratamento precoce. E por fim, as pesquisas relacionadas ao tema, ou melhor, aos centros de pesquisa criados para apoiar e dar suporte aos pais e responsáveis e escolas. Isto possível graças a Lei 12.764 de dezembro de 2012, também conhecida como Lei Berenice Piana para garantir direitos a estas crianças.

Um dos principais desafios para as crianças autistas acontece nas salas de aula onde devem interagir com as outras crianças e pelo fato de seu aprendizado ser bastante fracionado, necessitando muitas vezes que a tarefa solicitada seja desmembrada em passos. Ao considerar o ambiente escolar especializado com profissionais (psicólogos, fonoaudiólogos, pedagogos) onde as crianças autistas têm maior atenção e dedicação para sua limitação e comorbidade, estas têm a oportunidade de obter uma melhor qualidade de vida.

Neste aspecto, uma forma de colaborar no dia a dia dessas crianças é com o desenvolvimento de aplicativos móveis para ajudá-las em suas atividades rotineiras, pois conforme Zanardes (2015) as crianças autistas têm fascínio e facilidade com o uso de recursos computacionais (tablets e/ou smartphones) podendo auxiliar no processo de aprendizado. Reforçando este aspecto, Caminha et al (2016) afirma que as crianças autistas têm especial interesse em interagir com dispositivos móveis e acredita-se ser possível desenvolver sua capacidade de aprendizado através do uso destas ferramentas tanto como fonte de novos conhecimentos (ao aprender novas palavras, tarefas, (re) conhecendo letras, imagens e outros), quanto como jogo como entretenimento.

Com o intuito de colaborar na melhoria da qualidade de vida dessas crianças por meio do desenvolvimento de um jogo, é fundamental falar em acessibilidade. De acordo com a W3C Brasil (*Word Wide Web Consortium*), é essencial que a acessibilidade esteja presente nos diferentes espaços: no meio físico, no transporte, na informação e na comunicação, inclusive nos sistemas e tecnologias e meios de comunicação. Para Gamboji, França e Gibertoni (2022) quatro habilidades devem ser trabalhadas e implementadas na construção de interfaces para autistas: habilidades cognitivas, habilidades motoras, habilidades auditivas e habilidades visuais. Para além destas recomendações, é imperativo seguir as diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG), embora Britto e Pizzolato (2018) afirmam dizer que ainda existem poucas diretrizes ou recomendações de acessibilidade especificamente para autistas.

Mediante este cenário, pode-se afirmar certa carência de aplicações projetados para este público-alvo que é bastante específico. Uma interface projetada no qual não atende às necessidades específicas deste usuário pode causar danos graves e dificuldades na realização de tarefas.

O principal objetivo deste artigo é apresentar resultados ao realizar análise com base na colmeia de experiência do usuário e testes de usabilidade em um jogo criado especificamente para crianças autistas. Para isto foi utilizada a metodologia do Design Participativo.

Este artigo tem na seção um a introdução, sendo na que seção dois pode-se encontrar a fundamentação teórica sobre os principais temas abordados neste trabalho: Experiência do Usuário - UX – e com ela Avaliação de usabilidade e na sequência Design Participativo. Na seção três se encontra a Aplicação das Avaliações e Resultados e Discussões. E por fim, na seção quatro está a conclusão deste artigo.

## **2. EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO - UX**

User eXperience (UX) é um termo que está sendo amplamente usado nos mercados, seja para contratação de profissionais seja para criação de design de produtos interativos, o que o torna em alguns aspectos contraditórios. Em Mantovani e Gibertoni (2021) pode ser encontrado ampla discussão e análise.

Garret (2011) diz que UX está relacionado ao modo como uma pessoa se sente usando um serviço, sistema ou produto ao criar seu framework (estratégia, escopo, estrutura, esqueleto e superfície) com diversas atividades voltadas para o usuário atingir seus objetivos sendo que a informação é o foco de interesse. A compreensão de UX engloba a experiência do usuário a partir de como o produto funciona no mundo real, exemplificando algumas situações do dia a dia que poderiam ser evitadas ou facilitadas por meio do design do produto.

Conforme a definição da ISO 9241-210, UX tem a ver com a emoção, o sentimento e a satisfação que ele tem ao usar um produto, sistema ou serviço. E pela norma ISO 9241-11, está diretamente relacionada com a usabilidade que propõe que o usuário desfrute de um sistema com eficácia, eficiência e satisfação (SILVA, GIBERTONI, 2017). Importante entendimento é que UX recebe contribuições de várias disciplinas, tais como Design de Interação e com ela Interação Humano-Computador, Fatores Humanos e Design do Som, indo até Arquitetura da Informação e Conteúdo (SAFFER, 2009).

Neste contexto e pela disciplina da Arquitetura da Informação, Morville (2004) descreve a experiência do usuário por meio de sete facetas, representadas graficamente por uma colmeia, que podem ser utilizadas para avaliar ambientes digitais: Essas facetas apresentam as seguintes características:

a) Útil - diz respeito ao grau de utilidade, ou seja, o produto deve ser útil tanto para a empresa ou gestor do projeto quanto para o consumidor final;

b) Usabilidade – está relacionada com facilidade de uso, que é um aspecto vital em um produto;

c) Desejável – a busca pela usabilidade deve estar atrelada ao desejo pela marca ou produto;

d) Encontrável - oferecendo ao usuário a facilidade de localizar o que precisa para que consiga atingir seus objetivos;

e) Acessível - dar a possibilidade de qualquer usuário conseguir acessar o site/aplicativo - com foco em apoiar acessibilidade para o público autista, importante citar Britto e Pizzolato (2018) que criaram o GAIA (*Guidelines for Accessible Interfaces for people with Autism*), que consiste em um conjunto de recomendações com o objetivo de contribuir com desenvolvedores quando se projeta para crianças com autismo;

f) Credível - oferecer credibilidade ao usuário em relação ao design e conteúdo, pois raramente o usuário irá entrar e usufruir de um produto que não lhe passa confiança e credibilidade;

g) Valioso - oferecer valor tanto para os *stakeholders* quanto para os usuários.

Para Morville (2004) estas facetas ajudam no desenvolvimento de aplicações, com fundamento nos três elementos essenciais: usuário, contexto e conteúdo.

Para os consagrados autores Preece *et al* (2005), a UX distingue da usabilidade ao considerar a primeira um campo maior e que tem como objetivo garantir que os sistemas sejam: “satisfatórios, agradáveis, divertidos, interessantes, úteis, motivadores, esteticamente apreciáveis, incentivadores de criatividade, compensadores, emocionalmente adequados” (PREECE *et al*, 2005, p. 40). Para estes autores, UX explica o uso de sistemas do ponto de vista subjetivo em complemento à usabilidade que descreve o uso de maneira mais objetiva.

É importante e necessário reconhecer então, que a usabilidade e com ela acessibilidade, a experiência do usuário relacionadas ao tipo de aplicação em questão, ao perfil dos usuários e aos contextos de utilização.

## 2.1 Avaliação de Usabilidade

São várias as técnicas disponíveis para avaliar interfaces, tanto para jogos como para sistemas comerciais. Em termos gerais a avaliação preconiza verificar se o sistema é fácil de usar e apoia adequadamente os usuários a atingirem seus objetivos. A avaliação de interfaces é fundamental em qualquer processo de desenvolvimento a fim de se obter um sistema de alta qualidade de uso. Algumas técnicas são realizadas envolvendo o próprio usuário, enquanto outras são realizadas por especialistas da área de usabilidade (BARBOSA; SILVA, 2010).

Neste sentido, dentre as várias técnicas disponíveis para avaliar interfaces, tem-se as que são realizadas em ambientes controlados envolvendo usuários, ambientes naturais envolvendo usuários e qualquer ambiente não envolvendo usuários (PREECE; ROGERS; SHARP (2005). Testes de usabilidade é uma das que envolvem usuários em ambientes controlados e que neste estudo foi utilizado. Conforme Barbosa e Silva (2010), o teste de usabilidade tem como premissa avaliar a usabilidade de um sistema interativo a partir de experiências de uso de seu público-alvo. Para a realização dessa avaliação, usuários específicos são convidados a realizar um conjunto de tarefas utilizando o sistema em um ambiente controlado, como por exemplo um laboratório. Durante as experiências de uso observadas, são registrados vários dados sobre o desempenho dos participantes na realização das tarefas e suas opiniões e sentimentos decorrentes de suas experiências de uso. Barbosa e Silva (2010) também dizem que os testes de usabilidade são separados em atividades de preparação, coleta de dados, interpretação, consolidação e relato de resultados.

Outra técnica utilizada neste estudo é a inspeção, ou seja, foi realizada a análise por especialista em avaliação a fim de identificar problemas de usabilidade mais óbvios sem o envolvimento do usuário alvo.

## 2.2 Design Participativo (DP)


Uma das metodologias utilizadas para se garantir a experiência do usuário é pelo Design Participativo (DP), onde Spinuzzi (2005) declara que é uma abordagem sobre design – ao produzir artefatos, sistemas e conhecimento prático e tácito – e sobre pesquisa. Assim, para o autor a metodologia do DP é instrumento de pesquisa. Neste raciocínio, no DP, a cointerpretação dos usuários participantes da pesquisa não é apenas confirmatória, mas uma parte essencial do processo. O engajamento destes permite que o produto seja relevante para a finalidade a que é destinado no ambiente em que será usado. Essa perspectiva leva ao desenvolvimento de produtos mais eficazes, eficientes e seguros e que define a experiência do usuário como as respostas e percepções de uma pessoa dado os resultados de uso de um determinado produto, sistema ou serviço. Portanto, ao se refletir sobre os desafios do DP, Sanders (2002) observa que pode ser difícil o uso deste método para o público autista (neurodiverso), mas que deve apoiar projetos no ambiente em que indivíduos se sintam confortáveis e confiantes em gerar e compartilhar ideias criativas ao lado dos designers. Com isto, por meio do DP e com a criação de ambientes de design é possível fazer com que as crianças percebam seu potencial e assim possam fazer contribuições de design que sejam significativas para elas.

## 3. APLICAÇÃO DAS AVALIAÇÕES

Com a intenção de desenvolver a melhor experiência ao usuário com o jogo é que as avaliações foram definidas e realizadas. Elas aconteceram em novembro de 2022 por esta pesquisadora juntamente com dois alunos de graduação que compõem o Grupo de Pesquisa em Engenharia de Software (GPES) o qual coordeno. O objetivo do jogo foi definido junto aos profissionais que atuam na APAE (Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais) de Taquaritinga- SP, junto aos pais e responsáveis por meio de entrevistas e questionários para ajudar as crianças autistas realizarem atividades do dia a dia, entre elas vestir uma blusa, lavar as mãos, fazer xixi, arrumar a cama, entre outras atividades cotidianas. O nome dado ao jogo foi VidAut – Vida do autista. Importante ressaltar que esta pesquisa foi submetida e aprovada pelo comitê de ética na Plataforma Brasil cujo número de parecer é 5.444.492.


Com estes resultados foi possível elaborar as personas. Na Figura 1 tem-se duas personas representando o usuário do jogo, no caso uma criança do gênero masculino e uma do gênero feminino. A partir daí, foi elaborada a história da primeira fase do jogo: “Mário e Maria são dois irmãos que quando criança, na fase de aprender a falar, foram diagnosticados com TEA por um médico especialista, descobrindo assim que autismo não tem cura, porém tratamento. Com esta notícia, seus pais ficaram preocupados e foram o mais rapidamente buscar por informações e ajuda profissional. Com o passar do tempo, os pais de Mário e Maria descobriram que eles tinham muita aptidão com matemática, porém dificuldades com hábitos e rotinas diárias. Eles nunca conseguem escovar seus dentes sozinhos, também tem muita dificuldade em diferenciar uma camiseta de um short, e para tomar banho é sempre muito difícil e complicado, pois sempre se esquecem de se enxugar antes de colocar a roupa limpa. Então seus pais tiveram uma ideia: todos os dias, assim que saíssem para trabalhar, eles deixariam uma lista de atividades para fazer e, sempre com a vigilância de seu avô e de seu gato, os irmãos a cada dia aprendiam e melhoravam sua capacidade de executar sozinhos rotinas diárias”. De posse dessas informações, protótipos de alta fidelidade foram criados e posteriormente a implantação por meio da tecnologia Godot e assim os testes puderam ser realizados.

ANINHA VALENTE– 16 anos, gênero feminino



Aninha frequenta a APAE de Taquaritinga e escola regular do município. Não é alfabetizada, não verbal e apresenta diagnóstico leve a moderado. Tem rebaixamento cognitivo. Sua cor favorita é o azul. Possui contato com tecnologias e jogos, principalmente de corrida. Seu personagem (desenho) preferido é o jacaré.

CAIO PONTES – 14 anos, gênero masculino



Caio frequenta a APAE de Taquaritinga e a escola regular Domingues da Silva. É alfabetizado, ecolálico, verbal e apresenta diagnóstico leve a moderado, é agitado e tem pouca intenção comunicativa, ou seja, seu tempo de atenção é restrito. Sua cor favorita é o azul. Possui forte contato com tecnologias e jogos, principalmente de corrida. Seu personagem (desenho) preferido é o dinossauro. As vezes fica frustrado ao jogar e mantém o volume do som.

Figura 1. Personas construídas para o jogo. Fonte: autoria própria

O teste de usabilidade foi realizado na sala de ajuste comportamental na APAE de Taquaritinga- SP em dois encontros. Para a realização do teste, a sala foi devidamente preparada: uma pequena mesa, um notebook para registrar os passos dados pelas crianças no jogo ao instalar o software OBS Studio e uma câmera para registrar em vídeo as ações das crianças autistas, o tablet com o jogo VidAut (Vida do Autista) instalado, uma cadeira para a criança sentar e uma outra para um dos avaliadores acompanhar os testes.

O critério de seleção das crianças aconteceu conforme o dia da aula deles na APAE (não são todos que frequentam todos os dias) e das atividades que já estavam agendadas (para não interromper ou comprometer). Assim, a Coordenadora de Saúde da entidade trazia as crianças para a sala acompanhadas do profissional que estava naquele momento com a criança. Desta forma, participaram do teste oito crianças autistas de um total de vinte e cinco. A Tabela 1 traz o perfil das crianças que participaram do teste de usabilidade.

Tabela 1. Perfil das crianças autistas participantes do teste de usabilidade. Fonte: elaborado pela autora

Participantes	Sexo	Idade	Características
C1	M	6	TEA nível 2, TOD (comorbidade sem laudo); frequenta escolar regular; tempo de atenção reduzido
C2	M	14	TEA nível 2, é alfabetizado, introvertido, monossilábico, funcional. Frequenta apenas a APAE
C3	M	15	TEA nível 2, Down (questão intelectual é o autismo).
C4	M	14	TEA nível 3, tem deficiência auditiva, é bastante estimulado; tem boa condição, porém precisa ser condicionado; só faz o que quer
C5	F	16	TEA nível 3; Não verbal; induzida por gestos.
C6	M	16	Ecolálico, não é funcional; não é contextualizado. É alfabetizado; Fala vários idiomas, memória fotográfica.
C7	M	9	Ecolálico, alfabetizado. Não tem contextualização; disperso.
C8	M	15	Alfabetizado, pouca ecolalia; funcional. Frequenta escola regular

Ao analisar a Tabela 1 pode-se notar que das oito crianças, apenas uma era do gênero feminino. Isto apenas comprova os dados da ciência em que crianças do gênero masculino são em números superiores aos do gênero feminino. A média da idade cronológica das crianças participantes é de treze anos. Porém, as características das crianças são bastante pontuais. Como é o caso da C4 que fechou o jogo e foi para outros aplicativos; pesquisou algo de seu interesse e instalou um jogo. Portanto, não foi computada para análise.

Foram definidas quatro tarefas que eles deveriam fazer ao jogar: 1ª tarefa: colocar o som na altura/volume desejada/o; 2ª tarefa: começar a jogar; - 3ª tarefa: escovar os dentes; 4ª tarefa: encerrar o jogo.

### 3.1 Resultados e Discussões

Os testes foram feitos individualmente com cada criança. Como resultado da aplicação do teste de usabilidade, alguns destaques devem ser realçados. A tarefa 1 praticamente não foi realizada por nenhuma criança, pois ao ter acesso ao jogo a primeira coisa que eles já faziam era clicar para iniciar e verificar o andamento dele. Este resultado é importante, pois o volume do som do jogo não incomodou nenhuma criança. Este recurso do jogo deverá ser utilizado pelos pais/responsáveis das crianças antes mesmo delas começarem a jogar (toda configuração que o jogo tiver será responsabilidade dos pais/responsáveis). Quanto a tarefa 2, começar a jogar, o tempo médio para isto acontecer foi de quatorze segundos e meio, ou seja, deverá ser inserida uma opção para o jogador ir direto ao jogo sem precisar conhecer a estória e os cenários. Já na etapa 3, o tempo médio levado foi de cinco minutos cada. Embora pareça um tempo longo, algumas características foram observadas: das oito crianças que foram para participar, uma delas não realizou nenhuma atividade. Isto porque seu nível de TEA diagnosticado é 3. O jogo foi elaborado pensando nas crianças com o nível 1 e 2. Outro fator observado é que as crianças queriam sempre arrastar com o dedo o personagem do jogo, ou seja, elas não clicavam e sim arrastavam. Será necessário então implementar este requisito para que o jogo se torne mais atrativo para as crianças. Quanto a tarefa 4 apenas uma criança não conseguiu realizar a ação e outra fechou pelo tablet mesmo.

Para complementar o resultado do teste de usabilidade foi realizado a análise dos dados pela ótica da colmeia de Morville (2004) (conforme apresentado na seção 2 – experiência do usuário) e os indicadores conforme obra de Souza et.al. (2019). Assim, na Tabela 2 pode ser visualizado o resultado da colmeia pelo teste de usabilidade realizado. Os indicadores foram preenchidos com: Atende Completamente (AC), Atende Parcialmente (AP) e Não Atende (NA).

Tabela 2. Análise da interface do VidAut pela ótica da colmeia de Morville (2004). Fonte: Elaborado pela autora

<b>Dimensões</b>	<b>Indicadores</b>	<b>AC</b>	<b>AP</b>	<b>NA</b>
<i>Utilidade</i>	1- As instruções são apresentadas de forma clara?		X	
	2- Contém palavras de fácil entendimento para quem está iniciando a fase de alfabetização?	X		
	3- As imagens fazem parte do cotidiano/interesse?	X		
<i>Usabilidade</i>	4- Apresenta erros/dicas como feedback?		X	
	5- Contém comandos autoexplicativos?			X
	6- O padrão de textos e botões são condizentes?		X	
	7- Permite inclusão de elementos presentes na rotina da criança?	X		
	8- Qualidade de elementos secundários e animações estão moderados de forma que não prejudique o desenvolvimento das atividades propostas?		X	
	9- A interface é simples e com poucos elementos?		X	
	10- As instruções apresentadas estão em diferentes formatos, como textos, imagens e áudio?		X	
<i>Encontrabilidade</i>	11- Botões e controles seguem o mesmo padrão e com comportamentos previsíveis?	X		
	12 Existe um indicador de localização?			X
<i>Credibilidade</i>	13 - Contém campos para entrar em contato ou apoiadores do projeto?			X
	14 - O design é profissional e adaptado para sua finalidade?	X		
<i>Acessibilidade</i>	15 - Apresenta uso de tecnologias atuais, confiáveis e com bom funcionamento?			X
	16- Permite deixar a interface em tela cheia?	X		
	17 - Permite que o usuário personalize a interface como desejar (através de cores, tamanhos de fontes e auto contraste)?			X
	18 - Apresenta sons adequados a criança com TEA?	X		
	19 - Os parágrafos possuem tamanhos adequados a criança com TEA?	X		
	20 - Contém formas de fornecer áudio para que palavras sejam lidas em voz alta e opção para retirar o áudio?			X
	21 - Imagens podem ser ampliadas?			X
	22 - A área de clique dos botões é eficiente?			X
23-Existem formas diferentes de transmitir a informação (cores)?	X			
<i>Desejabilidade</i>	24 - Família tipográfica apresentada é adequada?	X		
	25 - Os textos são alinhados?	X		
	26 - Contém elementos que despertam o desejo da criança com TEA?			X

Para além dos resultados apresentados na Tabela 2, as dimensões foram analisadas por mim e por mais um aluno que compõe o GPES com o teste realizado. Assim, a dimensão utilidade atende pontualmente necessidades coletadas com profissionais e pais; é um jogo para reforçar aprendizagem de execução de rotinas

diárias. Especificamente no item usabilidade, será necessário inserir o som referente aos diálogos que foram colocados para que crianças que não sejam alfabetizadas consigam acompanhar o jogo, conforme pode ser visto na Figura 3(a). Outra inserção necessária é o tutorial do jogo bem como extrair elementos dos cenários para não confundir o jogador. Na dimensão encontrabilidade, deverá ser adicionado na interface elementos que o ajudam a saber em que parte do jogo está. Quanto a dimensão credibilidade, a tecnologia de desenvolvimento deverá ser alterada de Godot para Unity, por ser uma *engine* mais consolidada no mercado, possuindo uma curva de aprendizado rápida e materiais para pesquisa. Na dimensão acessibilidade, ao desenvolver para usuários autistas é considerado não viável permitir que a criança tenha opções para alterar o tamanho das fontes e cores. Portanto, este item permanecerá desta forma. Porém, com relação aos cliques deverá ser melhorado para não confundir o usuário. Este item foi verificado junto ao teste de usabilidade também. Quanto a desejabilidade é necessário inserir novos elementos para manter as crianças atentas no jogo e querer voltar a jogar e retirar tempo de transição entre os cenários do jogo, pois a criança quer o tempo todo clicar e interagir. De posse desses resultados, as interfaces serão melhoradas para atender as necessidades específicas deste público-alvo.



Figura 3(a): interface do minigame escovar os dentes



Figura 3(b): interface do início do jogo



Figura 3(c): interface para escolher ações no jogo



Figura 3(d): cenário da sala da casa

Fonte: elaborado pela autora

## 4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento de um jogo voltado para o público autista exige dos desenvolvedores conhecimentos específicos tanto para a elaboração das interfaces como para a forma que o usuário irá interagir com este. Esta pesquisa foi anterior aos resultados deste artigo e que podem ser encontrados em França, Gambogi e Gibertoni (2022).

Com base neste conhecimento, a pesquisa bibliográfica realizada para a construção do referencial teórico se deu inicialmente para entender o quão amplo é o universo da User eXperience, adentrando no vasto campo das sete facetas criado por Merville (2004) e que foi utilizado para uma das avaliações aqui descritas. Com isto a profundidade da pesquisa aconteceu com o tema avaliação de usabilidade (que é uma das facetas) pela ótica de Barbosa e Silva (2010) como forma de promover melhorias no jogo em desenvolvimento. Este projeto possui convênio com a APAE de Taquaritinga e com isto foi possível aplicar o Design Participativo, sempre tendo a colaboração e envolvimento dos profissionais e pais para a definição e criação do jogo para atender as reais necessidades das crianças autistas. Desta forma, houve a participação das crianças no momento de realizar os testes de usabilidade. Como pesquisa futura e continuidade deste trabalho será realizado a avaliação no jogo tanto pelos profissionais da entidade como pelos responsáveis das crianças como outra forma de validar os resultados.

Nesta fase, pode-se afirmar que os resultados obtidos foram muito importantes para que correções possam ser feitas no jogo de forma que o usuário tenha mais satisfação ao jogar, bem como mais facilidade em realizar determinada tarefa (atendendo assim a recomendação da norma ISO 9241-11). Espera-se assim, contribuir com desenvolvedores na elaboração de interfaces voltadas ao público autista.

## REFERÊNCIAS

- American Psychiatric Association, 2014. *Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais: DSM-5*. 5.ed. Porto Alegre: Artmed.
- Britto, T. C. P.; Pizzolato, E. B., 2018. *GAIA: a proposal guide of recommendations of Web interfaces accessibility with focus on Autism aspects*. Brazilian Journal of Computers in Education (Revista Brasileira de Informática na Educação - RBIE), 26(2), 102-123. DOI: 10.5753/RBIE.2018.26.02.102.
- Caminha, V. L. P. S.; Huguenin, J. Y.; De Assis, L. M.; Alves, P. P.(org.), 2016. *Autismo, vivências e caminhos*. Ed. Edgar Blucher.
- Fessore, R.; Gibertoni, D., 2021. Uma análise da contratação dos profissionais UX pelas empresas brasileiras: modismo ou tendência? *Revista Interface Tecnológica, [S. l.]*, v. 18, n. 1, p. 141–152. DOI: 10.31510/infa.v18i1.1159. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1159>. Acesso em: 14 jun. 2023.
- França, M. E.; Gambogi, A. S. A.; Gibertoni, D., 2022. Interfaces com acessibilidade para pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA): uma análise das diretrizes. *Revista Interface Tecnológica, [S. l.]*, v. 19, n. 2, p. 223–234. DOI: 10.31510/infa.v19i2.1518. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1518>. Acesso em: 14 jun. 2023.
- Garret, J. J., 2011. *The elements of User Experience*. User-Centered Design for the web and beyond. Second Edition. New Riders.
- ISO 9241-11., 1998. *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)*. Part 11: Guidance on Usability. Geneva: ISO.
- ISO 9241-210, 2010. *Ergonomic of human – system interaction*. Part 210 — Human-Centred design for interaction systems. Switzerland: International Organisation for Standardisation.
- Morville, P., 2004. *User Experience Design: Facets of the User Experience*. Semantic Studios. Disponível em: [http://semanticstudios.com/user\\_experience\\_design/](http://semanticstudios.com/user_experience_design/). Acesso em: 3 jun. 2023.
- Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H. *Design de Interação - Além da interação homem-computador*. Ed. Bookman, 2005.
- Saffer, D., 2009. *Designing for interaction*. Creating Innovative Applications and Devices. New Riders.
- Sanders, E. B. N., 2002. *From User-Centered to Participatory Design Approaches*. in: Design and the Social Sciences. J.Frascara (Ed.), Taylor & Francis Books Limited.
- Silva, L. G. Z. da., Gibertoni, D., 2017. Avaliação de Comunicabilidade de um Aplicativo Gamificado. SIMTEC - Fatec Taquaritinga, 4 (1).
- Souza, G. M. de, Letti, G., Oliveira, V. F. de, Silva, M. P. da & Pieczkowski, T. M. Z., 2019. New Interface of the Game "Ludo Educativo Primeiros Passos" for Children with Autistic Spectrum Disorder (Nova Interface do Jogo "Ludo Educativo Primeiros Passos" para Crianças com Transtorno do Espectro Autista). Brazilian Journal of Computers in Education (Revista Brasileira de Informática na Educação - RBIE), 27(3), 285-309. DOI: 10.5753/RBIE.2019.27.03.285.
- Spinuzzi, C., 2005. *The Methodology of Participatory Design*. Technical Communication, Vol 52 (163-174). Washington.
- Tamanaha, A. C.; Perissoto, J.; Chiari, B.M., 2008. *Uma breve revisão histórica sobre a construção dos conceitos do Autismo Infantil e da síndrome de Asperger*. Revista Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia, p. 296-299.
- W3C BRASIL. *Cartilha Acessibilidade na Web – Benefícios, Legislação e Diretrizes de Acessibilidade na Web: Fascículo II*. Disponível em: <http://www.w3c.br/pub/Materiais/PublicacoesW3C/cartilha-w3cbr-acessibilidade-web-fasciculo-II.pdf>; acesso em: 05 de julho 2023.
- Zanardes, C. V. L., 2015. *O tablet na aprendizagem das crianças autistas*. EDUCERE, XII Congresso Nacional de Educação.

# APLICATIVO PARA AVALIAÇÃO DE CONDUÇÃO SEGURA DE USUÁRIOS DE VEÍCULOS AUTOMOTORES POR MEIO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA BENEFÍCIOS EM SEGUROS VEICULARES

Edilson de Oliveira Caldas, Diego Martins de Oliveira, Gilmar dos Santos Marques, Flávio Elias Gomes de Deus, Rafael Timóteo de Sousa Júnior e Fábio Lúcio Lopes de Mendonça  
*Pós-graduação Profissional em Engenharia Elétrica – PPEE – Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Zip Code 70910-900, Brasil*

## RESUMO

Os diversos aplicativos existentes hoje em dia, podem trazer benefícios para o ser humano, como produtividade, saúde financeira e assistências em atividades diárias a serem executadas. Com inserção de inteligência artificial (IA), diversos dados podem ser coletados e comparados para chegar a um objetivo útil à sociedade, por exemplo a redução de acidentes com veículos automotores, que é um número alarmante, pois são dedicados altos recursos financeiros para reparar danos materiais e físicos causados às pessoas e infraestruturas atingidas. Para auxiliar à prevenção, este artigo propõem o desenvolvimento do aplicativo de avaliação de condução segura de veículos automotores, que coletará dados do veículo, somados a dados coletados de um aparelho *Smartphone* e processados por uma inteligência artificial, definindo uma pontuação diária para o condutor, assim, de forma direta, o aplicativo retornará condições inseguras de direção, alertas ao condutor, a fim de gerar uma melhor educação no trânsito, bem como definirá seu *Score*, podendo transformá-lo em bônus de seguro veiculares, melhores condições de venda de veículos e defesas em possíveis crimes de trânsito.

## PALAVRAS-CHAVE

Veículos, Condutores, Seguro Veicular, Seguradora, Venda de Veículo, OBDII, Aplicativo, APP, Inteligência Artificial

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Confederação Nacional dos Transportes (CNT), no período de 2007 a 2022 foram registrados 1.982.059 acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras (CNT, 2023), Ainda mais alarmantes são os números acumulados de vítimas (mortos e feridos), 970.674 pessoas, o que nos dá uma média de 7 acidentes a cada 10 km. Se trouxermos um recorte do ano de 2022, teremos 64.447 acidentes registrados nas rodovias federais que cortam o Brasil, sendo 52.948 vítimas. A seguir, temos a série temporal representada na figura 1.

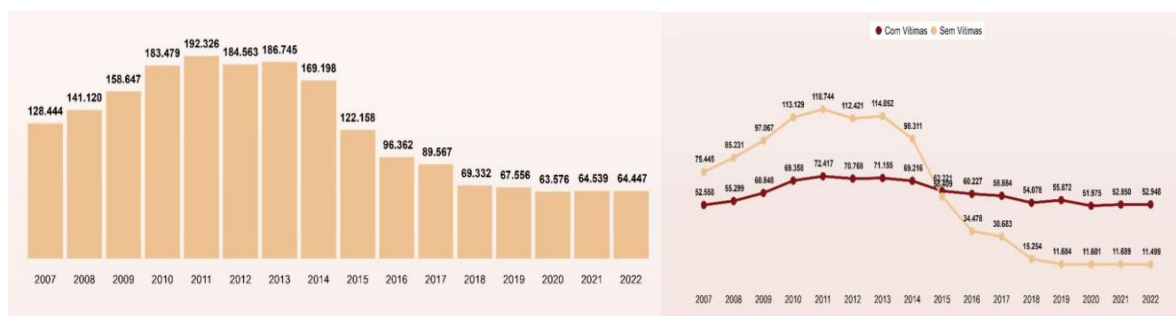


Figura 1. Número de acidentes de trânsito entre 2017 e 2022 e acidentes de trânsito com vítima entre 2017 e 2022



Esse número pode ficar ainda maior, pois diversos acidentes, com ou sem vítimas, não são registrados, por estarem em ruas e avenidas não monitoradas pelos órgãos competentes, trazendo uma falsa sensação de redução de acidentes ou melhoria de perspectiva da segurança nas estradas. Fato é que cada acidente gerado, representa um custo aos cofres do estado, seja com reabilitação para a vítima, indenizações ou para recuperação da infraestrutura das vias. Esses custos estão na ordem de R\$ 250,26 milhões (CNT, 2023).

Em meio a este cenário, encontramos a oportunidade através dos aplicativos (App), que vêm ganhando cada vez mais popularidade entre os usuários de *Smartphone*. Mais de 78% de usuários utilizaram algum tipo de aplicativo (Mobiletime, 2022), em 2022, uma solução vantajosa para quem gostaria de se apresentar como um condutor responsável e seguro, pois os APP se tornaram aliados na execução de atividades diárias, com excelência e total rastreabilidade comparativas. Eles permitem ao usuário saber se realizou uma tarefa da melhor forma que no dia ou mês anterior, seja uma tarefa pessoal, profissional ou até mesmo um olhar a distância para membros da família. Em meio a toda a facilidade, outros Apps surgiram para controlar gastos, ampliar rendimentos e monitorar scores referente a compras e pagamentos realizados por pessoas físicas, possibilitando as Instituições financeiras (IF) avaliar com velocidade o perfil do usuário, permitindo tomadas de decisão sem burocracias, como a cessão de um empréstimo, por exemplo. Na Figura 2, está representada os aplicativos mais utilizados no Brasil.

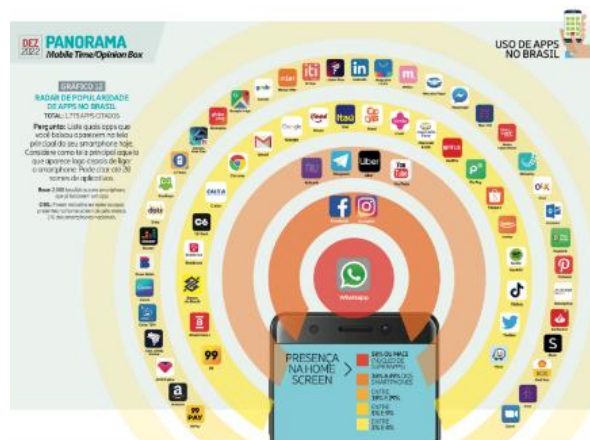


Figura 2. Radar de popularidade de Apps no Brasil em 2022

Um dos principais desafios que as Companhia de Seguros (CS) tem enfrentado é o desenho da persona ideal de seu cliente, persona que não ocasiona acidentes de trânsito e que realmente tem o perfil de condutor declarado no momento da aquisição das apólices de seguros para seus veículos. Para uma melhor definição e não muito assertiva, as CS normalmente tem alguns estereótipos traçados a partir de estatísticas de acidentes de trânsito e precificam seus serviços conforme esses dados, adotando um contexto de classificação de grupos, o que foge a grande maioria de seus clientes, principalmente no que tange a acidentes de pequena monta (Contran, 2023). Como exemplo, podemos trazer a faixa etária, que taxa com o maior custo os clientes com idade entre 18 e 25 anos. Estatisticamente, são os clientes com idade maior que 45 anos que mais se envolvem em acidentes no Brasil.

Nesse contexto, este artigo propõe um aplicativo que, associando os dados do veículo e dados do *Smartphone*, irá evidenciar a forma que as pessoas conduzem os seus veículos, fazendo com que elas possam melhorar e tornar segura a sua condução, utilizar esses scores para reduzir valores de seguros veiculares e até mesmo em defesas jurídicas em erros pontuais que possam cometer no trânsito, pois todo o histórico será acessível e personalizado, o que tira o cidadão de uma estatística genérica de acidentes de trânsito.

O App proposto neste artigo busca combinar, ao mesmo tempo, dados de *Smartphone* e do veículo como acelerômetros, mapas, relógios, rotação de motor, controle de estabilidade, controle de tração, antibloqueio de freios, velocidade do veículo, giroscópio, tempo de aceleração e frenagem. A combinação desses dados, permitirá a detecção de um comportamento agressivo ou não de um motorista de forma eficiente, oportunizando a sua segurança e a dos outros atores de trânsito.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO E TRABALHOS RELACIONADOS

Para iniciarmos a proposta de aplicativo, foi necessário primeiramente investigar alguns trabalhos relacionados, ou seja, artigos já publicados que tivessem algumas ideias correlacionadas com os objetivos aqui expostos. Para tanto, foram analisados os seguintes artigos:

Segundo Castignani *et al.* (2015), é analisado como sensores de smartphones podem ser usados para identificar manobras. É proposto o *SenseFleet*, uma plataforma de perfil de direção capaz de detectar eventos de risco.

Já Ferreira *et al.* (2017), realiza uma investigação com diferentes sensores, presentes em um smartphone Android, e diferentes algoritmos de classificação, a fim de avaliar qual conjunto/método de sensores permite a classificação com maior precisão. Os resultados mostram que combinações específicas de sensores e métodos inteligentes permitem melhorar o desempenho da taxa.

Em da Silva *et al.* (2019) visa definir coletas de dados de telemetria veicular, dados de sensores do Smartphone do usuário para transmitir ao servidor e retornar dados geográficos e alertas de acidentes para o usuário.

Esses trabalhos fornecem uma visão abrangente das abordagens existentes para a coleta e tratamento de dados de veículos e Smartphones. No entanto, muitos desses métodos enfrentam desafios, como a necessidade de adequações para cada protocolo de comunicação de redes veicular, o que limita a implementação dos trabalhos nos veículos mais antigos, limitando a sua utilização ao grupo específico de pessoas.

O modelo proposto neste artigo busca superar essas limitações, utilizando interfaces de protocolos para possibilitar a extração de dados de qualquer veículo com sistema eletrônico de controle embarcado.

É importante ressaltar que outros artigos também foram considerados, para a realização da proposta de aplicativo e são citados a seguir bem como resoluções do Contran e outros documentos orientadores e normatizadores.

## 3. PROPOSTA E MODELO DE ARQUITETURA

Para o desenvolvimento do projeto, foi necessário definir quais os dados seriam coletados, quais as combinações de dados para gerar parâmetros que atenderiam um modelo de normalidade de condução segura, quais os parâmetros que apontariam para uma anomalia na condução, ou condução insegura, quais os scores que cada anomalia ou conjunto delas representaria em um débito diário, o modelo matemático para determinar a média diária de *scores*, formas de ganhos de scores em situações contínuas de condução segura.

O escopo do projeto foi baseado no ambiente em que o carro estará presente, bem como o *Smartphone* do usuário, assim os dados coletados representarão a forma de conduzir do usuário, retornando um *score*, que inicia o dia com 1000 pontos e são debitados a cada anomalia reconhecida, bem como alertas de condução insegura.

O referido trabalho (da Silva et al., 2019) é muito útil no que diz respeito à funcionalidade desenvolvida no projeto, bem como aos dados a serem inferidos e interpretações correspondentes para formar o perfil de condução do motorista

### 3.1 Objetivo

Para o nosso estudo, foi utilizado um modelo de detecção dos tipos de dirigibilidade, com o objetivo de monitorar o funcionamento de um determinado veículo através de seis objetivos específicos, que proporcionarão uma visão do progresso do projeto em: a) coletar dados de funcionamento do veículo, os quais serão captados por meio de aparelho junto a tomada de diagnóstico OBD-II (On-board diagnósticos), conforme indicado em Amarasinghe *et al.* (2015); b) coletar dados dos sensores do dispositivo Android do usuário, conforme indicado em Astarita *et al.* (2015) e Puig (2013); c) desenvolver gateway de aplicativo móvel para receber dados coletados e transmitir para servidor chamado *safe driving*; d) utilizar protocolo *Hypertext Transfer Protocol Secure*, com função de auto registro para receber os dados coletados e transmiti-los para a aplicação deixando o *Safe driving* seguro; e) executar inferências, tanto na camada de aplicação quanto de servidor, utilizando dados coletados, para identificar o comportamento dos motoristas, bem como enviar

informações de scores e alertas de condução insegura; e g) desenvolver aplicativo para administração de usuários, acesso aos dados coletados e inferência de resultados.

### 3.2 Fases do Projeto

A arquitetura será desenvolvida em quatro fases. A primeira fase será coleta dos dados por meio do aparelho de extração de dados conectados ao veículo na tomada de diagnóstico OBD-II, conectado ao smartphone do indivíduo via *Bluetooth* representado na Figura 3.



Figura 3. Conexão entre o veículo, o aparelho de coleta de dados OBD-II e o smartphone

A fase dois consiste no acesso à plataforma *safe driving*, a partir de um aplicativo instalado no Smartphone. Esse aplicativo será a interface de gestão do usuário e receberá os scores e mensagens de alertas de condução insegura. A Figura 4 demonstra as telas de interação do app com o usuário.



Figura 4. APP Safe Driving instalado no smartphone

Na fase três, os dados gerados durante a condução de cada usuário são enviados para o servidor *safe driving* e verificados por inteligência artificial, onde serão realizadas comparações para elaborações de parâmetros e definição de anomalias de condução. A Figura 5 representa a arquitetura de todo o sistema *safe driving*.

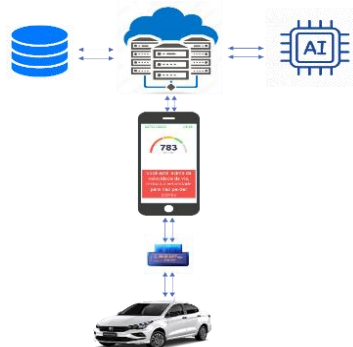


Figura 5. APP Safe Driving enviando e recebendo dados do servidor Safe Driving

Na fase quatro, temos o compartilhamento de dados. Os dados de scores podem ser compartilhados com companhia de seguros, sites e/ou lojas de venda de veículos e o poder judiciário caso seja pertinente na construção de uma defesa em um processo. Os dados só serão compartilhados com terceiros, caso o usuário deseje, essa ação deverá ser realizada diretamente no APP, pelo usuário para não ferir a Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 (LGPD) (Brasil, 2018) e direcionada a cada terceiro que o usuário deseje compartilhar, por

exemplo, o usuário deseje compartilhar seus dados somente com as seguradoras a fim de obter descontos na apólice de seguros.

### 3.3 Sensores Monitorados nos Dispositivos Smartphones Android dos Usuários

Os dados coletados do Smartphone do usuário estão a seguir, porém vale ressaltar que a qualidade e velocidade dos dados recebidos estão relacionados diretamente a capacidade de operação do aparelho do usuário.

- Acelerômetro - Os dados de aceleração ou desaceleração abruptas ou não podem ser inferidas de acordo com o vetor de aceleração fornecido pelo sensor, desta forma saberemos se o usuário adota acelerações abruptas, frenagens abruptas e inclinações em curvas de forma acentuada;
- GPS - fornece a velocidade (m/s), possibilitando comparar este valor com a velocidade permitida na via, definindo se o usuário está dentro da velocidade permitida, bem como mudanças de velocidades abruptas, mesmo dentro dos limites de velocidade da via;
- Orientação - De acordo com o magnetômetro e o sensor de gravidade, o azimute ( $-\pi$ ,  $\pi$ ) é obtido em radianos. A taxa de mudança no volante é encontrada calculando a mudança após duas amostras subsequentes, dando a ideia de quão nítido é o carro girando.

Por estar instalado em quase sete vezes mais dispositivos no Brasil que o sistema operacional iOS, o sistema operacional Android foi escolhido como base para o desenvolvimento do aplicativo *Safe Driving*.

Os dados a serem coletados por meio de sensores dos veículos estão a seguir, porém vale lembrar que o protocolo OBD-II não está presente em todos os veículos, assim para os veículos com protocolo de comunicação OBD-I, OBD, LINK ou demais protocolos próprios desenvolvidos por montadoras de veículos, deverão ter um decodificador de protocolos para que a comunicação e extração de dados seja eficiente e assertiva. Alguns modelos de veículos, por conta de suas características construtivas, não terão todos os sensores disponíveis em seus sistemas, não realizando todos os cruzamentos necessários para identificar anomalias de condução.

- Rotação do motor – O sensor de rotação do motor está no sistema de injeção eletrônica de combustível. Em muitos veículos é responsável pela rotação medida em rotações por minuto (RPM) e pela posição da árvore de manivelas do motor, a fim de determinar o cilindro em combustão.
- Rotação de rodas – O sensor de rotação de rodas está no sistema de antibloqueio das rodas, ele compara a velocidade entre rodas identificando um escorregamento no momento de frenagem ou um escorregamento no momento de tração do veículo. Com esses dados, o veículo controla a velocidade das rodas para uma melhor frenagem ou melhor tração do veículo.
- Pedal de embreagem – O sensor do pedal de embreagem está vinculado ao sistema de injeção eletrônica ou em alguns casos, no sistema de conforto do veículo. Ele mede a velocidade de troca de marchas por meio do tempo de aplicação de força no pedal e não permite que o veículo acelere bruscamente com o pedal aplicado, melhorando a eficiência na saída de inicia do veículo e consumo de combustível.

## 4. SOLUÇÕES E RESULTADOS

Este tópico relata o desenvolvimento do aplicativo proposto para anomalias durante a condução. Como resultados temos o módulo de aplicação que é responsável por receber as informações geradas pelo usuário e apresentá-las a IA, *middleware* responsável pelo armazenamento e compartilhamento de dados, desenvolvido e mantido pela equipe de pesquisa em IA, da Universidade de Brasília. As ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do módulo aplicativo foram *Python*, *Android Studio IDE*, *Google Cloud* e *Google Firebase*.

### 4.1 Plataforma Safe Driving

O objetivo de desenvolvimento da plataforma *safe driving* foi criar um serviço seguro para comunicação de dados furtivos sobre a localização do usuário e de seu veículo, exigindo que este serviço fosse escalável e altamente disponível através do uso do "*Raise Middleware*". Outro objetivo importante foi o desenvolvimento da interface de administração do usuário, os dados e a identificação de rotas a serem utilizadas. A Figura 6 representa o *front-end* da plataforma *safe driving*.

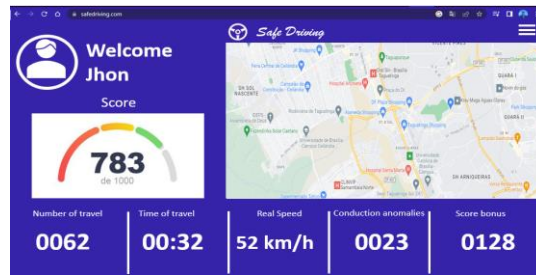


Figura 6. Front-end da plataforma safe driving

Nessa plataforma, além de apresentar as vias com todas as suas sinalizações, também é possível cadastrar novos usuários e compartilhar dados com terceiros de acordo com o desejo do usuário. Para fazer isso, o Login/janela de registro, deve ser acessada para permitir que o usuário defina o e-mail e a senha solicitados.

## 4.2 Aplicação Móvel Proposta

O aplicativo para *Safe Driving* possui três telas principais: Login, Home e Configurações.

A Tela de login é mostrada na Figura 7a e é apropriada para inserir os dados de cadastro do usuário, para que toda a plataforma *Safe Driving* identifique e mantenha o perfil de usuário e associe os Scores definidos durante o uso da aplicação.

A tela inicial do aplicativo é mostrada na Figura 7b. A viagem do usuário será iniciada automaticamente quando o sinal de GPS for maior que 15 km/h. Nesta tela, o SCORE do usuário será exibido junto ao número de viagens, tempo de viagem, velocidade real do veículo, anomalia de condução e score bônus. Nesta tela, também serão enviadas mensagens educativas ao usuário, que podem ser lidas pelo aplicativo em viva voz para que o usuário não ter distração da condução.

Por fim, o usuário também terá acesso às configurações do aplicativo, como mostra a Figura 7c. Neste menu, é possível acessar as configurações de usuário, as configurações gerais do aplicativo realizar o compartilhamento de Scores com companhia de seguros, lojas de vendas de veículos e Órgãos judiciários conforme a decisão do usuário; Configurações do dispositivo OBD-II e a própria redefinição do aplicativo, caso o aparelho Smartphone seja utilizado por outra pessoa. A Figura 7, ilustra as principais telas de acesso do usuário.



(a) Tela de Login (b) Tela de home (c) Tela de configurações

Figura 7. Telas da aplicação

## 4.3 Sistema de Auto-Registo

Para facilitar a entrada e o gerenciamento de dispositivos na rede *IoT*, desenvolveremos um mecanismo de auto registro. Esse permitirá que sensores e atuadores entrem de forma autônoma e segura em um ambiente capaz de receber grandes volumes de dados e controlar atuadores com segurança. Como explicado em Silva (2015), o *middleware* responsável por receber e processar dados na nuvem tem dois componentes principais, o *REST API Approach for IoT Services (RAISe)* e o *User Interface Management System (UIMS)*. A *RAISe* é a interface de *web services* responsável por responder às solicitações dos clientes, armazenando os dados fornecidos por esses clientes. *UIMS* é a interface visual através da qual um usuário pode consultar dados manipulados pelo *middleware*. A solução implementa uma arquitetura completa de auto registro para o dispositivo inteligente a partir do envio de dados básicos do dispositivo conforme explicado em (da Silva, 2019).

#### 4.4 Definição de Parâmetros para Anomalias de Condução

Os parâmetros para definir anomalias são cruzamentos de dados obtidos dos veículos e do Smartphone do usuário, de acordo essa definição, serão formadas as anomalias de condução. Essas anomalias de condução terão scores específicos e conforme a realização de cada evento, será debitado o valor de seu score do usuário durante 24h, associados a data e fuso horário definidos no Smartphone do usuário. Assim, esse algoritmo matemático tem início as 00:00:00 e término as 23:59:59 de cada dia. Neste momento é executado outro algoritmo matemático da média de pontuação obtida nos dias de uso.

---

Algoritmo 1 parâmetros para Anomalias de condução

---

$$S_d = 1000 - (an_1 + an_2 + \dots + an_n)$$

Onde

$S_d$  = Score diário

$an$  = Anomalia

$$S_t = \frac{(S_{d1} + S_{d2} + \dots + S_{dn})}{d_t}$$

Onde

$S_t$  = Score Total

$S_d$  = Score diário

$d_t$  = Dias de uso total

---

Outro parâmetro relevante é o *Score* bônus, como o próprio nome já diz, é um bônus por ter excelente desempenho durante sete dias seguidos de uso do aplicativo, ou seja, sem perda de scores. Assim o usuário tem 100 pontos somados ao seu *score* total, o que possibilita a reeducação no trânsito, motivando o usuário a se autodisciplinar para uma condução segura. É relevante que o score total não poderá passar de 1000 e que os *scores* bônus não são cumulativos.

---

Algoritmo 2 – Parâmetros de Score

---

$$S_t = S_t + S_b$$

$S_t$  = Score Total

$S_b$  = Score bônus

Se

$$S_t > 1000$$

Então

$$S_t = 1000$$

Porém se

$$S_t \leq 1000$$

Então

$$S_t = \text{valor atual de } S_t$$


---

Definindo as condições matemáticas, vamos definir as condições de anomalias de condução e seus Scores específicos para o funcionamento do aplicativo. Aqui vamos listar cinco situações que podem ser consideradas inseguras durante a condução, para relacionarmos aos dados disponíveis e formatar parâmetros pertinentes a cada anomalia.

Sabemos que temos diversas situações que geram insegurança no trânsito, como falhas mecânicas ou elétricas, distração do condutor ou ultrapassagens arriscadas. Porém, nos limitamos as sete condições pois são possíveis de gerar parâmetros facilmente com os dados coletados do veículo.

- Velocidade do veículo acima do permitido na via: A plataforma *Safe Driving* recebe os dados de velocidade diretamente do GPS do *Smartphone* do usuário e irá comparar com os dados de mapa das vias. Ela irá comparar a velocidade máxima especificada na via e realizará, automaticamente, o débito de scores do usuário. O seu débito de score equivalente está descrito na tabela 1.
- Frenagens bruscas: A plataforma *safe driving* irá receber dados do acelerômetro e do GPS do *Smartphone* do usuário somados os dados de diferença de velocidades das rodas do veículo. Assim a plataforma calcula a velocidade de desaceleração e a condição de segurança na frenagem a que o veículo foi exposto. Se a distância medida pelo acelerômetro ( $D_a$ ) for menor que 60% da distância ( $D_p$ ) calculada pela equação a seguir, então, temos uma frenagem brusca.

---

 Algoritmo 3 – Parâmetros pertinentes a cada anomalia.
 

---

$$D_p = \frac{v^2}{250\mu}$$

Onde

 $v$  = velocidade em Km/h do veículo; $D_p$  = a distância de frenagem e; $\mu$  = coeficiente médio de atrito do pneu com o solo.Se  $D_a > D_p * 0.6$  ; então frenagem normal;Se  $D_a \leq D_p * 0.6$  ; então frenagem brusca;

A plataforma *safe driving* irá comparar as distâncias e realizará automaticamente o débito de scores do usuário. O seu débito de score equivalente está discriminado na Tabela 1.

- Aceleração bruscas: A plataforma *Safe Driving* irá receber dados de acelerômetro, GPS do Smartphone do usuário somados a rotação do motor e diferença de velocidade das rodas do veículo. Assim a plataforma calcula a velocidade de aceleração e a condição que o veículo foi exposto. Se a rotação do motor for maior que 3500 rpm, o sistema de tração for acionado em função da diferença de velocidade das rodas, logo se tem tentativa de deslocamento rápido em espaço pequeno. Assim considerado uma anomalia, realizando automaticamente o débito de scores do usuário. O seu débito de score equivalente está discriminado na tabela 1.
- Inclinações bruscas do veículo: A plataforma *Safe Driving* irá receber dados do GPS, do sensor de orientação do *Smartphone* do usuário e somadas as informações de mapa da via. Assim a plataforma irá comparar a velocidade do veículo, o ângulo de inclinação, a velocidade máxima permitida naquele ponto da via e entenderá que o usuário está conduzindo o veículo com risco de capotamento ou perda de controle em curvas e considerará uma anomalia. Então, ela realizará automaticamente o débito de scores do usuário. O seu débito de score equivalente está discriminado na tabela 1.
- Tempo de condução maior que quatro horas sem pausa de quinze minutos para descanso: A plataforma receberá dados do GPS e de relógio provenientes do Smartphone do usuário, calculando o tempo de início da viagem até quatro horas depois, se não houver velocidade em km/h igual a zero por quinze minutos. Caso o usuário ultrapasse as quatro horas sem pausa, a plataforma considerará uma anomalia e realizará um débito de Score.

Ressaltamos que, quinze minutos antes do tempo máximo para descanso, a plataforma irá emitir uma mensagem de alerta, solicitando a parada do usuário o quanto antes. Caso o tempo for ultrapassado e não houver condições de parada, a plataforma irá disparar uma mensagem de local de parada, conforme locais indicados em seu mapa e não considerará como anomalia, isso se o usuário atender a orientação. O seu débito de score equivalente está discriminado na Tabela 1.

Tabela 1. Anomalias de condução

<b>Anomalia de condução</b>	<b>Débito de score</b>
Velocidade acima do permitido da via	100
Frenagens bruscas	30
Aceleração bruscas	30
Inclinações bruscas do veículo	50
Tempo de condução maior que quatro horas sem pausa de quinze minutos para descanso	50

## 5. CONCLUSÃO

O modelo proposto auxiliará as pessoas na declaração em ser bons motoristas e com isso obter benefícios reais, tais como desconto em apólices de seguros, melhores valores em vendas de seus veículos e até mesmo em defesas jurídicas em acidentes de trânsito. Também é uma forma de gerar mais educação no trânsito e conscientizar as pessoas sobre ética ao dirigir, pois deixa de ser situações ao acaso, ou somente flagradas por agentes de trânsito ou radares para ser corriqueiras em qualquer tempo ou espaço durante a condução.

Esperamos que os testes demonstrem a eficácia e segurança da aplicação, bem como a inserção no mercado de benefícios aos usuários. Para as companhias de seguro veiculares pode representar um aumento financeiro em serviços e uma redução expressiva de custos em reparação de automóveis em pequenas e médias montas, sem contar as indenizações por grande monta, onde são obrigadas a pagar aos seus clientes o valor de tabela FIPE dos veículos sinistrados. Ressaltamos aqui, que existe uma companhia de seguros de grande porte mundial que está aguardando a conclusão da aplicação para testes no mercado junto aos seus clientes e recompensá-los com bônus em renovações de apólices de seguros veiculares.

As direções futuras incluem aprimoramento dos recursos de captação de dados para ampliação de parâmetros de anomalias, bem como a inserção de dispositivos de visão computacional para extração de dados não numéricos, por exemplo, um zigue-zague na via realizado pelo usuário ou a uma ultrapassagem de um semáforo vermelho.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço o apoio técnico e computacional do LATITUDE, da UnB, que conta com apoio do CNPq - (Outorgas 312180/2019-5 PQ-2 e 465741/2014-2 INCT em Cibersegurança), da AGU (Outorga AGU 697.935/2019), ao Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica, na área de concentração: Segurança Cibernética – 1ª Turma para Profissionais do Setor de Inteligência (Outorga ABIN 01/2019) ao DPI da UnB (Outorga 7129 FUB/EMENDA/DPI/COPEI/AMORIS) e do Projeto SISTER City (Outorga 625/2022) e a FAP/DF.

## REFERÊNCIAS

- Amarasinghe, M., Kottegoda, S., Arachchi, A. L., Muramudalige, S., Bandara, H. D., & Azeez, A. (2015, August). Cloud-based driver monitoring and vehicle diagnostic with OBD2 telematics. *In 2015 fifteenth international conference on advances in ICT for emerging regions (ICTer)* (pp. 243-249). IEEE.
- Astarita, V., Guido, G., Mongelli, D., & Giofrè, V. P. (2015). *A co-operative methodology to estimate car fuel consumption by using smartphone sensors*. *Transport*, 30(3), 307-311.
- Brasil (2018). Câmara dos Deputados. Centro de documentação e Informação. *Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais*. Brasília, 14 ago. 2018. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm)>. Acessado em: 22 jul. 2023.
- Castignani, G., Derrmann, T., Frank, R., & Engel, T. (2015). Driver behavior profiling using smartphones: A low-cost platform for driver monitoring. *IEEE Intelligent transportation systems magazine*, 7(1), 91-102.
- Confederação Nacional do Transporte, CNT (2022). *Painel CNT de consultas dinâmicas dos acidentes rodoviários*. 2022 - íntegra. Brasília 2023. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/pesquisas>>. Acesso em: 22 jul. de 2023.
- Conselho Nacional de Trânsito – Contran (2020). Resolução nº. 810, de 15 de Dezembro de 2020. *Dispõe sobre a classificação de danos e os procedimentos para a regularização, a transferência e a baixa dos veículos envolvidos em acidentes*. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>>. Acesso em: 22 jul. de 2023.
- da Silva, D. A., Torres, J. A. S., Pinheiro, A., de Caldas Filho, F. L., Mendonça, F. L., Praciano, B. J., ... & de Sousa, R. T. (2019, September). Inference of driver behavior using correlated IoT data from the vehicle telemetry and the driver mobile phone. *In: 2019 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)* (pp. 487-491). IEEE.
- Ferreira, J., Carvalho, E., Ferreira, B. V., de Souza, C., Suhara, Y., Pentland, A., & Pessin, G. (2017). Driver behavior profiling: An investigation with different smartphone sensors and machine learning. *PLoS one*, 12(4), e0174959.
- Mobiletime (c2022). *Pesquisa de uso de app no Brasil, c2022*. Disponível em: <<https://www.mobiletime.com.br/pesquisas/uso-de-apps-no-brasil-maio-de-2023/>>. Acesso em: 22 de jul. de 2023.
- Plana Puig, B. (2013). *Smartphones for smart driving: a proof of concept*. (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Silva, C. C., de Caldas, F. L., Machado, F. D., Mendonça, F. L., & de Sousa Jr, R. T. (2016). Proposta de auto-registro de serviços pelos dispositivos em ambientes de IoT. *34º Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais*.





# **Artigos Curtos**



# ARQUITETURA PROPOSTA PARA INTEGRAÇÃO DE MIDDLEWARES IOT UTILIZANDO BLOCKCHAIN

Heitor Magalhães Vieira, Leonardo de Oliveira Almeida, Francisco Lopes de Caldas Filho,  
Elon de Oliveira Albuquerque, Edna Dias Canedo e Georges Daniel Amvame Nze  
*Universidade de Brasília*  
*Brasília, Brasil, Zip Code 70910-900*

## RESUMO

A proliferação crescente das tecnologias de Internet das Coisas (IoT) demanda soluções urgentes para aprimorar a confiabilidade na implementação, uso e auditoria desses ambientes, enquanto se preservam as características que os tornam atrativos, como custo-benefício, velocidade de comunicação, reatividade a dispositivos externos e capacidade de comunicação entre máquinas (m2m). Diante desse contexto, este artigo apresenta uma proposta de arquitetura de middleware IoT que se baseia em Fog Computing, aplicando tecnologias de blockchain e sistemas de detecção de intrusão para garantir a imutabilidade, descentralização, baixo custo e transparência do sistema. Através dessa abordagem inovadora, busca-se atender às demandas de confiança e segurança nas redes IoT, abrindo caminho para a expansão segura e confiável dessas tecnologias.

## PALAVRAS-CHAVES

*IoT, Fog Computing, Blockchain, IDS, sDN, Middleware*

## 1. INTRODUÇÃO

O mundo está testemunhando uma rápida ascensão dos dispositivos da Internet das Coisas (IoT), transformando a maneira como realizamos tarefas diárias, criando novas oportunidades de trabalho e gerando sinergia na interação com a Internet. Especialistas preveem que, em 2020, havia aproximadamente 10 bilhões de dispositivos conectados, e esse número deve disparar para cerca de 22 bilhões até 2025 (What's IoT, 2021).

No entanto, enquanto os dispositivos IoT se tornam cada vez mais acessíveis e onipresentes, surge uma preocupação crítica: a segurança. A maioria desses dispositivos IoT não foi projetada com foco em segurança, apresentando várias vulnerabilidades, incluindo ecossistemas de interface duvidosos, falta de controle no gerenciamento de dispositivos e serviços de rede não confiáveis (Internet das Coisas (IoT): Vulnerabilidades de segurança e desafios, 2019). Essas falhas de segurança são exacerbadas pela complexidade crescente da autenticação e validação da integridade das redes IoT à medida que escalam.

Uma solução amplamente debatida para abordar esses desafios de segurança é a aplicação da tecnologia blockchain em cenários de IoT. Este estudo se propõe a apresentar uma solução inovadora que utiliza os princípios do blockchain para aprimorar a segurança das redes IoT. Nossa abordagem visa garantir a identidade dos dispositivos conectados, a imutabilidade dos dados, a descentralização da propriedade da informação, ao mesmo tempo em que mantém baixos custos de implementação e transparência nas transações de dados dentro da rede. Além disso, exploramos a sinergia entre blockchain e redes de Fog Computing (M. Nofer, 2014).

A solução proposta neste artigo é o resultado de uma extensa pesquisa nas áreas de segurança da informação, Edge Computing, dispositivos IoT e autenticação com blockchain. A estrutura do artigo inclui os seguintes capítulos e seções: Arquitetura proposta e Conclusões. Com essa pesquisa, esperamos contribuir significativamente para a crescente necessidade de tornar as redes IoT mais seguras e confiáveis em um mundo cada vez mais interconectado.

## 1.1 Trabalhos Relacionados

Um estudo aprofundado dos problemas de segurança em aplicações de blockchain foi realizado por Singh et al. (2021). Este trabalho identifica riscos comuns que afetam a adoção de blockchain em aplicações críticas e explora casos de uso do mundo real. As conclusões de Singh et al. são referências cruciais para o desenvolvimento das ideias deste artigo, destacando a relevância das aplicações blockchain em ambientes IoT.

Khan e Salah (2017) detalham preocupações de segurança categorizadas para cada camada de ambientes IoT e interações de rede, bem como a implementação da blockchain para resolver esses problemas. Este estudo é fundamental para entender as questões a serem consideradas ao propor o uso de blockchain em redes IoT.

Liu et al. (2020) propõem uma aplicação blockchain para resolver problemas de acesso e privacidade de dados em ambientes IoT. Este trabalho é comparado com o nosso artigo, que também visa melhorar a privacidade e confiabilidade dos dados, incorporando sistemas descentralizados de consenso e confiança.

Atlam et al. (2018) destacam os benefícios e desafios da implementação de blockchain em ambientes IoT, como escalabilidade e armazenamento. Essas preocupações foram consideradas na arquitetura proposta neste trabalho, que enfatiza a compatibilidade com fog computing para solucionar esses problemas.

Bandary (2020) apresenta com sucesso a compatibilidade de blockchains de grafos acíclicos direcionados (DAG) com ambientes IoT. Isso influenciou nossa escolha de usar uma arquitetura semelhante para ambientes leves de IoT na proposta deste artigo.

Shabandri (2019) implementa com sucesso ledgers distribuídos IOTA em ambientes IoT, fornecendo insights valiosos sobre benefícios, compatibilidade e segurança aprimorada. Este trabalho é referenciado para possíveis aplicações na nossa arquitetura proposta.

Elrawy et al. (2018) descrevem sistemas de detecção de intrusão em ambientes IoT, identificando desafios e recomendações. Esse estudo ajuda a contextualizar a necessidade de segurança e detecção de intrusões em nosso trabalho.

## 2. ARQUITETURA PROPOSTA

### 2.1 Topologia

A arquitetura proposta estabelece cada middleware IoT como um nó individual na rede, orquestrados por uma blockchain privada baseada em Tangle. Cada nó é equipado com diversos módulos para garantir a comunicação interna e externa, a conexão segura de dispositivos, um sistema de detecção de intrusão (IDS) e um ledger baseado em Tangle.

A troca de informações na arquitetura proposta, deve se valer dos mecanismos de autenticação e validação agregados pela blockchain para garantir a integridade das solicitações de auto registro de novos dispositivos e instâncias de middleware na rede, distribuindo a carga de processamento entre cada nó existente, dentro do ambiente de Fog computing.

#### 2.1.1 Fog Computing

O fog computing é uma abstração da computação de borda que busca fornecer serviços aos dispositivos finais em uma camada mais próxima desses dispositivos. Na arquitetura proposta, utilizamos instâncias de middleware IoT que gerenciam redes de dispositivos IoT, oferecendo serviços de processamento distribuído de dados, armazenamento de memória rápida, segurança da informação e comunicação entre instâncias de middleware, dispositivos e a nuvem. As instâncias de middleware utilizadas são uma versão atualizada do middleware IoT especializado desenvolvido no laboratório UIoT (D. S. do Prado et al, 2019).

#### 2.1.2 Estrutura de Serviços do Middleware

Seguindo as estruturas apresentadas na Figura 2, cada instância de middleware possui os módulos de serviços: Kernel, IDS, Ledger, Security, DIMS, e as interfaces de comunicação MIAC (Middleware Interface Access Control), CIAC ( Configuration Interface Access Control), DIAC (Device Interface Access Control), AIAC (Application Interface Access Control).

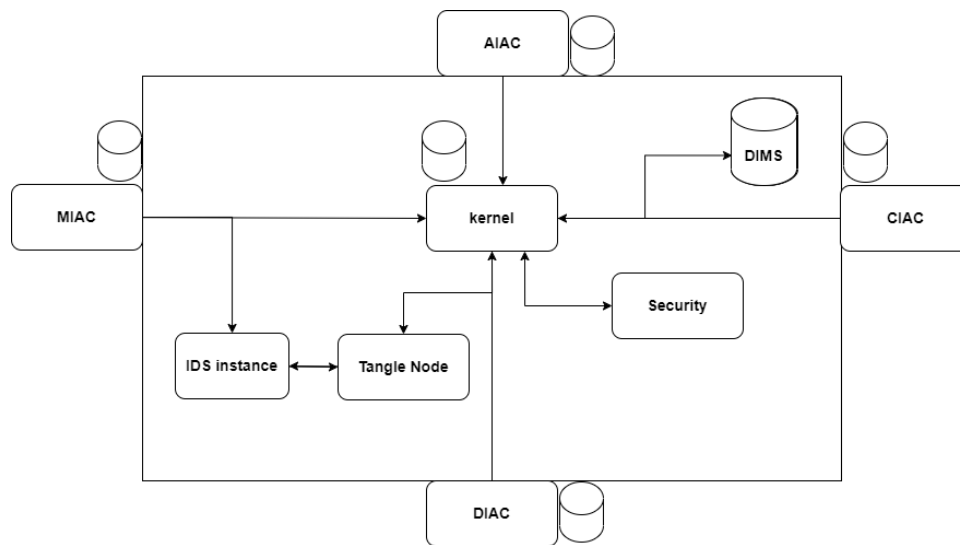


Figura 1. Arquitetura interna de serviços presente em cada instancia de middleware

O Kernel é responsável pela orquestração dos serviços, reconhecendo a conexão adequada entre eles, garantindo a implementação correta de cada instância e afirmando políticas internas. O IDS é um módulo em desenvolvimento que integra um sistema de detecção de intrusão capaz de identificar padrões de transmissão de dados e sinalizar envios maliciosos ou suspeitos, protegendo as redes IoT que utilizam a arquitetura proposta. O módulo Security integra políticas de segurança, orquestra regras e valida o acesso aos dispositivos IoT. O módulo DIMS é o banco de dados local do middleware, responsável pelo armazenamento de dados a serem carregados para a nuvem ou outras instâncias de middleware, como informações de sensores e identificadores dos dispositivos.

As interfaces de comunicação, como CIAC, DIAC, AIAC e MIAC, controlam a transmissão de dados e a troca de informações entre as entidades da arquitetura, são serviços em software que utilizam banco de dados de memória rápida SQLite para buffer local e armazenamento de configurações e políticas de funcionamento.

### 2.1.3 Blockchain

A arquitetura proposta inclui um ledger de blockchain privada, capaz de agregar informações passadas entre os nós (instâncias de middleware) como transações criptografadas e postá-las na rede de validação em blockchain. Utilizamos a arquitetura de Grafos Acíclicos Direcionados (DAG) do blockchain Tangle para validar cada transação na rede de nós. A abstração das trocas de informações no formato de transações permite que a própria rede de nós middleware verifique de forma segura a qualidade da informação, a integridade dos nós envolvidos na comunicação e agregue escalabilidade ao projeto.

## 3. CONCLUSÃO

A arquitetura proposta tem como principal objetivo a implementação de uma aplicação de blockchain em middleware IoT estruturados em Fog computing, buscando resolver problemas de segurança e escalabilidade dessas arquiteturas. O presente artigo parte do ciclo de inovação comandado pelo laboratório de pesquisa UIoT, que aponta vantagens na implementação de ambientes IoT tendendo a descentralização e independência, pelo compartilhamento de recursos de processamento de forma confiável e segura.

Exemplos disso são encontrados em trabalhos como a pesquisa sobre auto registro para dispositivos IoT (C. C. M. Silva, 2016), que conclui sobre processos consideravelmente mais rápidos, quando os dispositivos estão cientes de seus serviços e podem se registrar de forma independente no ambiente IoT. O trabalho realizado por Bruno Dutra (B. V. Dutra et al, 2019) sobre HIDS para sistemas IoT embarcados, que conclui sobre os benefícios que um sistema especializado de detecção de intrusão pode ter quando especializado para ambientes IoT. O trabalho de Patrão (R. L. Patrão, et al, 2020) concluiu como viável a implementação de ambientes IoT baseados em fog computing e machine learning, que juntos levaram ao estágio atual de melhoria,

com a adição de consenso descentralizado à rede para que ela possa de maneira não supervisionada, identificar participantes confiáveis, compartilhar configurações e informações usando um conceito de publicação/assinatura, para que a própria rede possa suportar crescimento e comunicação mais rápidos (compartilhamentos de dados).

A arquitetura proposta neste trabalho ainda está no estágio de prova de conceito e é um projeto em andamento, portanto, não possui dados suficientes para testes e resultados sólidos. A versão melhorada do IDS que é compatível com os ledgers Tangle, bem como o kernel do nó middleware estão atualmente em desenvolvimento, e os testes com resultados concretos são considerados como próximos passos para este trabalho. Para garantia da implementação, deve-se validar que a instância privada da arquitetura Tangle pode suportar as implementações propostas, como a assinatura de novos nós de middleware e dispositivos IoT, compartilhamento de informações com base em zonas de assinatura, auto quarentena e prevenção de ataques, comunicação mais rápida com base em rotas otimizadas e gerenciamento de políticas com base nas informações geradas pela rede.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio técnico e computacional do Laboratório LATITUDE, da Universidade de Brasília, ao CNPq - Conselho Nacional de Pesquisa (Outorgas 312180/2019-5 PQ-2 e 465741/2014-2 INCT em Cibersegurança), a Advocacia Geral da União (Outorga AGU 697.935/2019), ao TED 01/2019 “Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica, na área de concentração: Segurança Cibernética – 1ª Turma para Profissionais do Setor de Inteligência” ao Decanato de Pesquisa e Inovação - DPI (Outorga 7129 FUB/EMENDA/DPI/COPEI/AMORIS) ao Projeto SISTER City –Sistemas Inteligentes Seguros e em Tempo Efetivo Real para Cidades Inteligentes (Outorga 625/2022) e a FAP/DF. arquitetura

## REFERÊNCIAS

- Atlam, H. F. et al. (2018) ‘Blockchain with Internet of Things: Benefits, Challenges, and Future Directions’, in I.J. Intelligent Systems and Applications.
- Bhandary, M., Parmar, M. and Ambawade, D. (2020) ‘A Blockchain Solution based on Directed Acyclic Graph for IoT Data Security using IoTA Tangle’, in Proceedings of the Fifth International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES 2020).
- do Prado, D. S. et al. (2019) ‘Design of a Fog Controller to Provide an IoT Middleware with Hierarchical Interaction Capability’, in Information Technology and Systems.
- Dutra, B. V. et al. (2019) ‘HIDS by Signature for embedded devices in IoT networks’, in Jornadas Nacionales de Investigación en Ciberseguridad (JNIC 2019), pp. 53–61.
- Elrawy, M. F., Awad, A. I. and Hamed, H. F. A. (2018) ‘Intrusion detection systems for IoT-based smart environments: a survey’, in Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications.
- Khan, M. A. and Salah, K. (2017) ‘IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges’, in Future Generation Computer Systems.
- Leite, L. R. C. (2019) ‘Internet das Coisas (IoT): Vulnerabilidades de Segurança e Desafios’, in Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Segurança da Informação).
- Liu, Y., Zhang, J. and Zhan, J. (2020) ‘Privacy protection for fog computing and the internet of things data based on blockchain’, in Cluster Computing.
- McAfee (2018) ‘Beware: Zombie IoT Botnets’, in Security News.
- Nofer, M. et al. (2017) ‘Blockchain’, in Business and Information Systems Engineering, pp. 183–187.
- Oracle (2021) ‘What is IoT’, in Internet of Things.
- Patrão, R. L. et al. (2020) ‘Environmental building monitoring and control based on machine learning and fog computing on an IoT architecture’, in INCT em Segurança Cibernética.
- Popov, S. (2018) ‘The Tangle’, in white paper.
- Rahman, A. et al. (2020) ‘DistBlockBuilding: A Distributed Blockchain-Based SDN-IoT Network for Smart Building Management’, IEEE Access, 8, pp. 140008–140018.

- Shabandri, B. and Maheshwari, P. (2019) 'Enhancing IoT Security and Privacy using Distributed Ledgers with IOTA and The Tangle', in 6th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN).
- Silva, C. C. M. et al. (2016) 'Proposta de auto-registro de serviços pelos dispositivos em ambientes de IoT', in XXXIV SIMPOSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES- SBrT2016.
- Singh, S., Hosen, A. S. M. S. and Yoon, B. (2021) 'Blockchain Security Attacks, Challenges, and Solutions for the Future Distributed IoT Network', in Special Section on internet-of-things attacks and defenses: recent advances and challenges.
- Varghese, B. et al. (2016) 'Challenges and Opportunities in Edge Computing', in 2016 IEEE International Conference on Smart Cloud (SmartCloud), pp. 20–26.



# DOMOGALLERY: EXPLORACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA CREACIÓN DE WEB 3D

Fabian Stiven Valencia Cordoba, Paola Johanna Rodriguez Carrillo y Javier Mauricio Reyes Vera  
*Universidad del Valle*  
*Calle 13 # 100-00, Colombia*

## RESUMEN

Este artículo presenta una revisión de las tecnologías para el desarrollo de aplicaciones Web 3D, destacando tecnologías como WebGL, Three.js y React Three Fiber. Así como también, se explora la evolución de la Web 3D desde sus orígenes de VRML hasta los estándares actuales de X3D, brindando ventajas como experiencias inmersivas y desventajas como el alto consumo de hardware. Se presenta el prototipo DomoGallery, el cual ofrece una experiencia inmersiva en la web en primera persona donde se muestra en una vista aérea el Campus de la Universidad del Valle y en una galería de arte se exhiben un conjunto de piezas de poesía de creación original con diversos temas de la vida cotidiana. Este prototipo se construye con el objetivo de experimentar las tecnologías exploradas en la literatura. Al final, se discute el uso de las tecnologías Web 3D, la curva de aprendizaje, las limitaciones, concluyendo de tal manera que la Web 3D tiene un potencial vasto y amplio para crear futuros espacios virtuales como metaversos.

## PALABRAS CLAVE

Web 3D, WebGL, Three.js, R3F, UX, Inmersión

## 1. INTRODUCCIÓN

La World Wide Web comúnmente conocida como WWW, W3 o Web ha evolucionado desde sus orígenes cuando fue publicada en el año 1991. Inicialmente, su definición se centraba en enlazar una colección de documentos conectados a través de hipervínculos, permitiendo la navegación entre páginas web (“World Wide Web - Glosario de MDN Web Docs,” 2022). Sin embargo, a medida que la tecnología avanza, investigadores alrededor del mundo trabajaron para crear nuevas soluciones añadiendo la dimensión de profundidad a la web para transformar experiencias inmersivas (Jankowski and Kruk, 2008).

El origen del término Web 3D remonta al año 1994 con la llegada de VRML (Virtual Reality Modeling Language), el cual no tuvo gran adopción, pero que inspiró a crear el estándar de gráficos X3D (Extensible 3D) por la Web3D Consortium en el año 2004 (“Web3D Consortium,” 2023). En el año 2010 Ricardo Cabello, conocido como “Mr.doob”, lanzó la biblioteca Three.js utilizando versiones preliminares de WebGL para crear escenas 3D en la web de una forma más fácil e intuitiva (Parisi, 2012). En el año 2011, Khronos Group lanzó un nuevo estándar de gráficos 3D llamado WebGL, el cual es una API basada en OpenGL ES 2.0 y cuyo propósito es ofrecer una interfaz de Javascript para renderizar escenas 3D en navegadores web de escritorio o móviles. Llegando así al año 2019, donde el colectivo de desarrolladores “Pmndrs” crearon R3F (del inglés, React Three Fiber), que es un renderizador de React para Three.js (“React Three Fiber Documentation,” 2023).

En este artículo se describirán las tecnologías para el desarrollo de aplicaciones Web 3D (sección 2), y se presentará el prototipo DomoGallery (sección 3), con el propósito de presentar los resultados obtenidos (sección 4) del desarrollo de la aplicación y de la exploración de las tecnologías revisadas en la literatura.

## 2. TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES WEB 3D

La Web 3D es una tecnología accesible desde múltiples dispositivos y navegadores web que añade una dimensión adicional a las páginas web, enriqueciéndolas más allá de los tradicionales movimientos verticales y horizontales. Implementa el plano de profundidad que permite al usuario tener los grados de libertad en un entorno tridimensional, brindando una experiencia más inmersiva. (Krea, 2023). Este término se originó en el año 1994, con la aparición de VRML (Virtual Reality Modeling Language), un formato de archivo estándar para representar gráficos vectoriales tridimensionales en la web (“What is X3D?,” 2023). VRML no tuvo mucho éxito entre sus seguidores, puesto que, la programabilidad estaba limitada al bajo rendimiento de las máquinas virtuales de los lenguajes scripting de ese tiempo y el modelo de representación estaba basado en el Pipeline de OpenGL (Parisi, 2012). En 2004, la Web 3D Consortium (“Web3D Consortium,” 2023) evolucionó VRML al estándar X3D (Extensible 3D language) certificado por ISO, donde desarrolló una serie de estándares para representar escenas 3D en la web escritas en XML (Extensible Markup Language) y animación humanoide HAnim (Broll and Koop, 1996).

En esta sección se hablará de las tecnologías con mayor relevancia para desarrollar aplicaciones Web 3D (sección 2.1), así como también las fortalezas y debilidades que se revisan en la literatura (sección 2.2).

### 2.1 Tecnologías de Desarrollo

A continuación, se presentan las principales tecnologías con más relevancia para crear aplicaciones Web 3D, según la revisión de la literatura revisada.

#### 2.1.1 WebGL

Tras la llegada del estándar X3D y la definición de un enfoque declarativo para representar gráficos 3D en la web, (Evans et al., 2014), en el año 2011 salió a la luz la especificación estándar WebGL que define una API para renderizar escenas 3D en navegadores web utilizando la aceleración por hardware (Cantor and Jones, 2012). Desarrollado por Khronos Group, organismo de estándares que rige OpenGL, COLLADA, entre otros (Parisi, 2012). WebGL se deriva de OpenGL ES 2.0 y proporciona una funcionalidad similar, pero en un contexto de representación para el elemento canvas de HTML sin el uso de plugins adicionales (Jackson and Gilbert, 2023). Está escrito en Javascript y código de sombreadores shaders GLSL (OpenGL Shading Language) que se ejecutan en la unidad de procesamiento gráfica GPU (Graphics Processing Unit) (“Primeros pasos con WebGL - Referencia de la API Web | MDN,” 2022).

#### 2.1.2 Three.js

Es un motor de WebGL basado en Javascript de propósito general y fácil de usar con licencia MIT (mrdoob, 2023). Es liviano y compatible con todos los navegadores web, el cual proporciona funciones y APIs para crear escenas 3D simples y complejas en la web. Fue lanzado en el año 2010 por Ricardo Cabello, conocido como “Mr.doob”. Esta librería abstrae los detalles de la API de WebGL, representando la escena 3D con mallas, materiales, luces, entre otros (Parisi, 2012). Soporta modelos 3D en formato glTF, FBX y OBJ.

#### 2.1.3 React Three Fiber

Lanzado en el año 2019 y desarrollado por el colectivo de desarrolladores “pmndrs” (“pmndrs - Open Collective,” 2023). React Three Fiber o en sus siglas R3F, es un renderizador de React para Three.js, el cual provee todas las funcionalidades de Three.js sin limitación alguna utilizando de forma declarativa componentes autónomos reutilizables de React (Simons, 2023), que son escritos en JSX (JavaScript XML), el cual es una extensión de sintaxis de Javascript que permite el marcado similar a HTML dentro de un archivo Javascript (“Writing Markup with JSX – React,” 2023). R3F está basado en Fiber que es un nuevo motor de renderizado creado por Facebook. Esto significa que cada componente de Fiber será creado como un nuevo objeto Three que será añadido en la escena. Esta tecnología contiene un gran ecosistema de hooks y helpers propios tales como convertir archivos glTF (GL Transmission Format) en componentes de JSX (JavaScript XML), usar materiales PBR, eventos de mouse, crear físicas, entre otros (“React Three Fiber Documentation,” 2023).

## 2.2 Ventajas y Desventajas

A continuación, se presentan las fortalezas (sección 2.2.1) y debilidades (sección 2.2.2) del desarrollo de aplicaciones Web 3D.

### 2.2.1 Ventajas

Al realizar aplicaciones Web 3D los usuarios pasan de estar de un plano bidimensional a tridimensional. Esto proporciona una sensación de inmersión más envolvente, mejorando la experiencia del usuario. Además, la percepción del usuario con la información y el contenido es más realista e interactiva, ya que la tecnología permite explorar objetos y escenarios desde diferentes ángulos. Como consecuencia, estas características permiten implementar soluciones más innovadoras y creativas para diferentes campos, como la educación, la salud y la mercadotecnia, entre otros.

### 2.2.2 Desventajas

Los requisitos de hardware para renderizar gráficos 3D en la web son significativamente más altos que los de la Web 2D tradicional. Esto significa que no todos los usuarios tienen dispositivos y conexiones a internet que les permitan acceder o disfrutar de la mejor experiencia de usuario. Por otro lado, el desarrollo de aplicaciones Web 3D requiere que los equipos de desarrolladores tengan habilidades especiales para optimizar escenas 3D tales como usar mapeado de texturas, utilizar sombras falsas, reducir la cantidad de vértices en los objetos 3D, eliminar caras que el usuario no ve en la escena, minimizar el uso de luces, entre otros. Además, la tecnología aún tiene limitaciones en accesibilidad, como la inclusión de personas con discapacidades.

## 3. PROTOTIPO DESARROLLADO

DomoGallery es un prototipo funcional (sección 3.2) que se desarrolló con el objetivo poner en práctica las tecnologías exploradas (sección 3.1) en la revisión de la literatura. De esta manera, se identificaron fortalezas y debilidades, que permiten guiar y orientar posteriores desarrollos.

### 3.1 Tecnologías Usadas

El prototipo DomoGallery se desarrolla con las siguientes tecnologías (ver Figura 1).

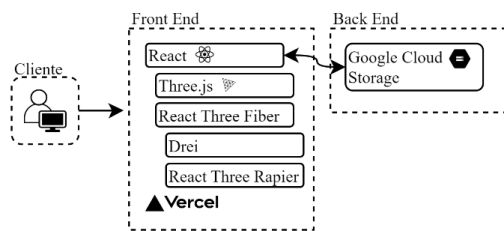


Figura 1. Tecnologías usadas en el prototipo DomoGallery

El Front End de DomoGallery se basa en las siguientes tecnologías para permitir la interacción de los usuarios y renderizar la escena 3D en el navegador web:

- React (v18.2.0): permite crear interfaces de usuario a partir de componentes (“React,” 2023).
- Three.js (v0.153.0): biblioteca de Javascript que ejecuta aplicaciones 3D en la Web (mrdoob, 2023).
- React Three Fiber (v8.13.3): renderizador de React para Three.js (“React Three Fiber Documentation,” 2023).
- Drei (v9.77.1): colección de hooks y helpers para usar en R3F (“pmndrs/drei,” 2023).
- React Three Rapier (v1.1.1): provee un motor de físicas de rapier (“pmndrs/react-three-rapier,” 2023).

El Back End usa la siguiente tecnología para alojar los videos y reproducirlos en el Front End:

- Google Cloud Storage: servicio de almacenamiento en la nube (“Cloud Storage,” 2023).

Adicionalmente, se utilizaron las siguientes tecnologías para el modelado 3D de DomoGallery, creación y animaciones de avatares:

- Blender (v3.6.2), suite de creación de modelos y animaciones 3D (“Blender,” 2023).
- Ready Player Me: api para la creación de avatares (“Ready Player Me,” 2023)
- Mixamo: servicio en línea para animar avatares 3D (“Mixamo,” 2023).

### 3.2 Prototipo

DomoGallery es un espacio virtual 3D que ha surgido de la fusión de dos proyectos de investigación-creación del metaverso de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación y el Libro Aumentado para acercar la poesía a las personas con baja visión de la Universidad del Valle. DomoGallery lleva a los espectadores a un viaje en primera persona a través de un recorrido en el que inicialmente se visualiza el Campus de la Universidad del Valle en una vista aérea (ver Figura 2). Luego se ingresa a una sala de exhibición (ver Figura 3), donde se encuentra un conjunto de diez obras de creación original con diversos temas de la vida cotidiana. La idea es que el espectador viva una experiencia inmersiva e interactúe con las obras expuestas. En el siguiente enlace se presenta un video de la aplicación (“DomoGallery Video,” 2023). Así como también, el enlace de DomoGallery para ingresar desde un navegador web de escritorio (“DomoGallery,” 2023).

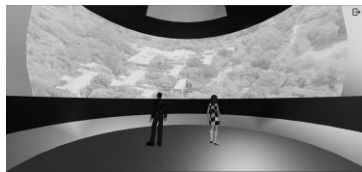


Figura 2. Vista del domo



Figura 3. Vista de la galería de arte

## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Desarrollar aplicaciones Web 3D es muy enriquecedor, debido que al añadir una nueva dimensión a la que estamos familiarizados en la vida real hace que se abra un nuevo universo de posibilidades más allá de navegar bidimensionalmente. La curva de aprendizaje es desafiante para desarrolladores que no tengan experiencia en computación gráfica, programación web, u otras tecnologías que lo complementen. Sin embargo, para la creación de estas aplicaciones existe una comunidad muy grande alrededor del mundo que están dispuestos a compartir su conocimiento y ayudar a nuevos desarrolladores. Las restricciones de esta tecnología requieren hardware moderno que soporte renderizado de gráficos 3D, así como también tener acceso a internet.

El desempeño visto en la aplicación es fluido debido que ronda a los 60 cuadros por segundos. La carga de los videos puede llegar a ser lenta, puesto que la carga está en el lado del servidor y no del cliente. Cabe resaltar, que se utilizó un servidor externo con el fin de optimizar la aplicación para el despliegue en Vercel.

Acorde a la experiencia del desarrollo del prototipo, algunos contextos entre los cuales se puede aplicar esta tecnología se encuentra el ámbito de la educación, donde se pueden utilizar experiencias inmersivas de enseñanza y aprendizaje, crear procesos de comunicación entre estudiantes y administrativos. En el campo de la salud, esta tecnología puede ayudar a los pacientes a aprender sobre su enfermedad o mejorar su condición. En la mercadotecnia se puede utilizar para crear campañas más envolventes y efectivas.

## 5. CONCLUSIONES

A lo largo del tiempo la Web 3D fue evolucionando, desde el primer intento con VRLM hasta los estándares actuales de X3D, WebGL, Three.js o React Three Fiber que siguen en constante desarrollo. Estos avances han dado la posibilidad de poder crear fácilmente aplicaciones 3D en la web y explorar nuevas investigaciones como la API WebGPU creada por Google, cuyo propósito es realizar operaciones de renderizado y cómputo

en una GPU, de manera similar a Direct3D 12, Metal y Vulkan. Al tener la dimensión de profundidad y los movimientos de libertad en una aplicación web, se abre la posibilidad tener experiencias inmersivas y cautivadoras para el usuario final. La Web 3D ofrece un nuevo mecanismo para interactuar con la información y el contenido, proporcionando una percepción más realista e interactiva. El potencial de las aplicaciones Web 3D puede llegar a tal punto de poder crear experiencias que mapeen el mundo real que lo conviertan en metaversos, de modo que los usuarios por medio de sus avatares ingresen a mundos virtuales 3D que puedan ser accedidos por medio de nuestro puente universal de comunicaciones la internet.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad del Valle quien ha brindado los espacios y recursos necesarios para el desarrollo de este trabajo.

## REFERENCIAS

- Blender [WWW Document] (2023). blender.org. URL <https://www.blender.org/>
- Broll, W., Koop, T. (1996). VRML: Today and tomorrow. *Comput. Graph.* 20, 427–434. [https://doi.org/10.1016/0097-8493\(95\)00012-7](https://doi.org/10.1016/0097-8493(95)00012-7)
- Cantor, D., Jones, B. (2012). *WebGL Beginner’s Guide*. Packt Publishing.
- Cloud Storage [WWW Document] (2023). Google Cloud. URL <https://cloud.google.com/storage>
- DomoGallery Video [WWW Document] (2023). URL <https://storage.googleapis.com/domogallery/Video%20DomoGallery.mp4>
- DomoGallery [WWW Document] (2023). URL <https://domo-gallery.vercel.app/>
- Evans, A., Romeo, M., Bahrehand, A., Agenjo, J., Blat, J. (2014). 3D graphics on the web: A survey. *Comput. Graph.* 41, 43–61. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2014.02.002>
- Jackson, D., Gilbert, J. (2023). *WebGL Specification* [WWW Document]. *WebGL Specif.* URL <https://registry.khronos.org/webgl/specs/latest/1.0/>
- Jankowski, J., Kruk, S. (2008). 2lip: the step towards the web3d. pp. 1137–1138. <https://doi.org/10.1145/1367497.1367694>
- Krea, L. (2023). ¿Qué debo saber para entender la web 3D? [WWW Document]. URL <https://leonelkrea.medium.com/qu%C3%A9-debo-saber-para-entender-la-web-3d-956fb3f2d790>
- Mixamo [WWW Document] (2023). URL <https://www.mixamo.com>
- mrdoob (2023). *three.js*.
- Parisi, T. (2012). *WebGL: up and running*. O’Reilly Media, Inc.
- pmndrs - Open Collective [WWW Document] (2023). URL <https://opencollective.com/pmndrs> (accessed 9.16.23).
- pmndrs/drei [WWW Document] (2023). URL <https://github.com/pmndrs/drei>
- pmndrs/react-three-ropier [WWW Document] (2023). URL <https://github.com/pmndrs/react-three-ropier>
- Primeros pasos con WebGL - Referencia de la API Web | MDN [WWW Document] (2022). URL [https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/API/WebGL\\_API/Tutorial/Getting\\_started\\_with WebGL](https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/API/WebGL_API/Tutorial/Getting_started_with WebGL)
- React Three Fiber Documentation [WWW Document] (2023). *React Three Fiber Doc*. URL <https://docs.pmnd.rs/react-three-fiber>
- React [WWW Document] (2023). URL <https://es.react.dev/>
- Ready Player Me [WWW Document] (2023). URL <https://readyplayer.me/>
- Simons, B. (2023). *Three.js Journey — What are React and React Three Fiber* [WWW Document]. *Threejs Journey*. URL <https://threejs-journey.com/lessons/what-are-react-and-react-three-fiber>
- Web3D Consortium [WWW Document] (2023). URL <https://www.web3d.org/about>
- What is X3D? [WWW Document] (2023). URL <https://www.web3d.org/x3d/what-x3d>
- World Wide Web - Glosario de MDN Web Docs [WWW Document] (2022). URL [https://developer.mozilla.org/es/docs/Glossary/World\\_Wide\\_Web](https://developer.mozilla.org/es/docs/Glossary/World_Wide_Web)

# PROVISIONAMENTO DE SERVIDORES *BAREMETAL* UTILIZANDO A INFRAESTRUTURA COMO CÓDIGO

Ajay Ramchandani, Lucas Oliveira Borges, Wellington Cabral de Oliveira,  
Thiago Medeiros de Menezes, Erick Costa Bezerra e Phillip de Menezes Furtado

*Sidia Instituto de Ciência e Tecnologia*

*Av. Darcy Vargas, 654 - Parque Dez de Novembro, Manaus – AM, Brasil*

## RESUMO

A necessidade de tecnologias que auxiliam na produtividade e gerenciamento de servidores físicos serviram como escopo para o desenvolvimento deste projeto. Utilizando conceitos de DevOps e Infraestrutura como Código, abordaremos a importância da utilização dessas práticas para automatizar ambientes com ampla quantidade de servidores e múltiplos propósitos, utilizando tecnologias como Kubernetes, scripts de instalação automática e linguagens de programação atuais como Python e Django. O foco principal do projeto é a redução no tempo de instalação de sistemas operacionais em servidores. O processo anterior à implantação do projeto era feito de forma manual consumindo um tempo consideravelmente alto se aplicado a muitos servidores, tornando o processo como um todo custoso e ineficaz, após a implantação a execução tornou-se escalonável e eficiente. Ao decorrer deste artigo, será notável o ganho em relação ao cenário anterior, estima-se com base em testes manuais e de execução da ferramenta, um ganho em tempo de aproximadamente 50%, mostrando que a Infraestrutura como Código traz benefícios a nível de processo e de execução de automações.

## PALAVRAS-CHAVE

DevOps, Infraestrutura, Provisionamento

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a Infraestrutura como Código (do inglês *Infrastructure as Code*, IaC) está emergindo rapidamente como um paradigma, e a demanda por boas práticas *DevOps* nos processos das empresas de tecnologia vem crescendo vertiginosamente. Segundo Artač (2017), IaC refere-se ao uso de código fonte para projetos de infraestrutura, sendo que todo o conjunto de scripts, códigos de automação e configuração, modelos, dependências necessárias e parâmetros de configuração sejam expressos com a utilização dele.

A complexidade das infraestruturas atuais e a falta de documentação acabam gerando problemas de continuidade para as empresas, pois em uma eventual falha, o tempo de recuperação tende a ser grande e penoso. Além disso, são necessárias soluções de recuperação de desastre, muitas vezes complexas e com custos inviáveis (Kim, 2018). A falta ou a pouca documentação dos sistemas, torna o processo mais árduo, podendo expor fragilidades ou ter que recorrer soluções paliativas aos problemas encontrados e nunca uma solução definitiva.

Neste trabalho é apresentado um estudo de caso no qual foi aplicada a Infraestrutura como código para solucionar o processo de provisionamento de servidores de uma maneira prática, em uma empresa global de tecnologia, com um parque de diversos servidores com diferentes características físicas, sistemas e configurações. A grande dificuldade no provisionamento em massa de servidores fez com que optássemos pelo uso da infraestrutura como código, que auxiliou na resolução de problemas relacionados a escalabilidade e gerenciamento. Um dos principais fatores para a implantação da IaC foram problemas como trabalho manual, repetições de tarefas e tempo gasto em cada execução, o que afeta diretamente o desempenho final da ferramenta.

A estrutura do trabalho está organizada da seguinte forma: Na Seção 2 é descrita a fundamentação teórica do projeto, na Seção 3 é mostrado o estudo de caso utilizado para o escopo do projeto, é descrito os experimentos realizados no ambiente de estudo, e mostrado os resultados e discussão do projeto. A última seção é descrita a conclusão sobre o projeto e uma análise comparativa do ambiente antes e depois da implementação do projeto.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A primeira parte da fundamentação teórica tem como objetivo apresentar os conceitos da Infraestrutura como código e em quais ambientes ela pode ser aplicada, em seguida é descrita a ferramenta de automação Fully Automatic Installation (FAI) para a instalação de sistemas operacionais Linux. Por fim, a ferramenta Kubernetes é apresentada com o objetivo de implantar, escalonar e gerenciar aplicativos em contêineres na sua infraestrutura de maneira ágil e eficiente.

Noll (2020) utilizou os conceitos de DevOps e IaC para desenvolver uma automação em que era necessário o provisionamento de máquinas virtuais, utilizando a ferramenta Terraform e o software de integração Jenkins, com o objetivo de criar uma infraestrutura por completa, tendo todos os recursos necessários para execução de um software em um *cluster* de contêineres em uma *cloud*. Por se tratar em uma infraestrutura via *cloud* o tempo de provisionamento foi relativamente menor (cerca de 18 minutos e 32 segundos segundo o autor) em comparação com os 78 minutos que era necessário anteriormente. Em contrapartida o sistema desenvolvido por ele não era escalonável, permitindo apenas um provisionamento por vez.

Em um estudo realizado por Morais (2017), foi desenvolvido um método de provisionamento de máquinas virtuais utilizando a abordagem reativa, nela, para cada conjunto de servidores era necessário ter uma configuração muito específica e complexa para realizar o provisionamento, tornando o custo muito elevado. As métricas utilizadas pelo autor foram o tempo total, custo e recursos necessários. Por conta do alto custo e ambientes complexos para serem configurados, a ferramenta não era muito eficiente, tendo como única vantagem o tempo total de provisionamento que foi cerca de 5 minutos.

Marques (2017) desenvolveu um método de provisionamento para máquinas virtuais de larga escala, onde foi utilizado métodos de nuvem *Infrastructure as a Service* (tradução livre para Infraestrutura como Serviço) para provisionar de maneira escalável todos os servidores virtuais disponibilizados, porém segundo o autor, a taxa de erro da ferramenta pode chegar até a 40% pois a estrutura de rede configurada para o provisionamento pode ter quedas de tráfego devido à alta demanda e a ferramenta acaba falhando na instalação tornando a ferramenta não tão eficiente.

Treviso (2022) elaborou um estudo de caso em que foi utilizado a infraestrutura como código, com objetivo de automatizar o processo de provisionamento de infraestrutura em ambientes *cloud* utilizando a ferramenta Terraform, com ele, o autor obteve um tempo de provisionamento médio de 4 minutos, porém o ambiente era limitado a hospedar apenas 54 recursos para realizar o processo, fazendo com que o sistema não fosse escalável.

A IaC também foi utilizada como base para um projeto desenvolvido por Sandobalin (2019), o autor utilizou ferramentas como Ansible, Terraform e a plataforma de serviços *Amazon Web Services* (AWS) para automatizar o provisionamento de servidores *cloud*, mas por conta da infraestrutura limitada, o autor não conseguiu reproduzir testes de eficiência para calcular o tempo necessário para finalizar o processo, porém por conta da plataforma de serviços, o autor afirma que o sistema é escalável.

O projeto consiste em usar a IaC para desenvolver uma aplicação que realiza o provisionamento de servidores de forma remota e utilizando ferramentas de automação e sistema de gerenciamento de contêineres, o grande diferencial do projeto é o sistema ter tanto a escalabilidade, ou seja, um número muito amplo de servidores que pode ser feito o provisionamento, e a eficiência já que o processo pode ser feito em menos tempo se comparado ao processo manual.

### 2.1 Infraestrutura como Código

Infraestrutura de código (IaC) consiste em um conjunto de práticas que usam código ao invés de comandos manuais para configurar ambientes como máquinas virtuais, redes, instalação de pacotes e configuração de ambientes de aplicação de interesse (Reynols, 2018). Os autores comentam de que a prática do uso de IaC pode

também avançar as suas tecnologias a um nível de ser utilizado como um sistema de defesa contra cyber ataques, além de prever possíveis problemas relacionados a Frameworks de Gerenciamento de Risco.

Segundo Morris (2016), IaC é uma abordagem de uma automatização em uma infraestrutura baseada em práticas de desenvolvimento de software. A infraestrutura como código tem sido aplicada em diversas empresas, onde os sistemas não são parte do negócio, eles são o negócio.

Morris (2016) defende de que a infraestrutura como código se fundamenta em alguns princípios, tais como: (1) a infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI) deve suportar mudanças ao invés de ser apenas um obstáculo; (2) as mudanças de sistemas e atualizações são rotineiras; (3) os usuários deverão ser capazes de definir, provisionar e gerenciar os recursos que precisarem, sem a necessidade de um suporte dos administradores em TI para fazer por eles; (4) os times devem ser capazes de se recuperar rapidamente em eventuais falhas; e (5) os times devem solucionar os problemas através de implementações, testes e mensurá-los, ao invés de apenas discuti-los em reuniões ou fazer documentações.

## 2.2 Fully Automatic Installation

*Fully Automatic Installation* (FAI) é uma ferramenta de automação de instalação para sistemas operacionais Linux. Ele permite que você configure e implante sistemas Linux de forma totalmente automatizada, garantindo que todos os componentes necessários sejam instalados e configurados corretamente (Lange, 2020).

Lange (2020) afirma de que com o FAI, é possível especificar as configurações de *hardware*, *software* e rede de uma máquina, bem como quais pacotes de software devem ser instalados e configurados. O FAI usa uma abordagem baseada em *script*, onde é possível escrever scripts para automatizar tarefas específicas durante o processo de instalação. A ferramenta é particularmente útil em ambientes de nuvem, data centers e grandes redes, onde é necessário instalar rapidamente dezenas ou até mesmo centenas de máquinas com configurações idênticas.

## 2.3 Kubernetes

O Kubernetes é um sistema de gerenciamento de contêineres de código aberto. Ele permite automatizar a implantação, escalabilidade e gerenciamento de aplicativos em contêineres, tornando mais fácil e eficiente executar aplicativos em larga escala em ambientes heterogêneos (Turin, 2020).

O sistema fornece uma camada de abstração sobre a infraestrutura, permitindo que os desenvolvedores se concentrem em construir aplicativos em vez de se preocupar com as complexidades de gerenciamento de infraestrutura. Além fornecer os recursos de alta disponibilidade e garantindo que os aplicativos estejam sempre disponíveis mesmo em caso de falhas.

É um sistema distribuído composto por um conjunto de nós que formam um cluster com suas funcionalidades, que podem ser classificados em duas classes:

- *Control plane*: possui agentes responsáveis pelo gerenciamento do *cluster*, seu desligamento e escalonamento de nós, além de prover mecanismos de tolerância a falhas. As funcionalidades executadas dependem da especificação de configuração e API especificados (Thinksys, 2022);
- *Worker nodes*: executam as aplicações de contêinerização nos chamados *pods*, em que cada *pod* pode ser um conjunto de contêineres Linux. Nós trabalhadores podem ser uma máquina física ou mesmo virtual.

## 3. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso fez-se necessário para avaliar o ganho de tempo na automação de processos que antes eram realizados de forma manual. Apresentam-se nas seções subsequentes a aplicação, descrição da organização as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da automação, os experimentos que consistiram na coleta de tempo total das instalações de sistemas operacionais (GNU/Linux), e os resultados coletados com base nos experimentos, que servirá como base comparativa para discussão dos resultados.

O projeto foi aplicado em um ambiente físico que tinha como necessidade configurar um parqueamento de servidores de forma automatizada, antes da implantação este processo era executado de forma individual e manual, ocasionando demora no processo e conseqüentemente pouca produtividade.



Este projeto teve como característica a configuração servidores de forma escalonável, ou seja, utilizou-se um mesmo sistema ou aplicação e foram replicados em um ou mais servidores de forma eficiente e segura. O objetivo deste sistema foi padronizar as instalações e evitar erros causados por falha humana, o que ocasionava em perda de eficácia e eficiência do projeto.

A organização dispõe de uma infraestrutura física que aloca um parque de 70 servidores que somados possuem mais de 12 *Terabyte* (TB) de memória RAM e mais de 1 *Petabyte* (PB) de armazenamento físico em conjunto, provendo alta performance e disponibilidade para projetos com diversos propósitos: Automatizar processos, manter arquiteturas agrupadas usando *cluster*, gerenciar controle de versões e configurar *pipelines* de compilação são alguns dos propósitos da organização.

O cenário anterior a implantação da ferramenta exigia um período maior e etapas a serem executadas de forma manual. O servidor era acessado via console *iDrac* através do seu endereço (do inglês *Internet Protocol address*, IP), em seguida o administrador selecionava manualmente a imagem *Identical Storage Image* (ISO) necessária para instalação do sistema operacional, o próximo passo era reiniciar o servidor com a opção de inicialização *Virtual CD/DVD/ISO*, por fim o processo de instalação do sistema operacional exigia configurações de idioma, teclado, particionamento, rede e atualizações de pacotes e firewall padrões da rede.

A ferramenta foi desenvolvida utilizando as seguintes tecnologias: 1- Python: Linguagem de programação completa, contando com bibliotecas para acessar banco de dados escrevendo poucas linhas de código. (Menezes, 2014); 2-Django: *Framework* web Python de alto nível que permite o rápido desenvolvimento de sites seguros e de fácil manutenção; 3- FAI: Ferramenta para implantação em massa do Linux. É um sistema para instalar e configurar sistemas Linux e pacotes de software em computadores e máquinas virtuais, desde pequenos laboratórios até infraestruturas de grande escala como clusters e ambientes virtuais; 4- Ansible: Ferramenta de automação de TI que pode configurar sistemas, implantar aplicativos e provisionar recursos de nuvem. O Ansible usa uma abordagem *agentless* para gerenciar configurações, o que significa que não é necessário instalar um agente de software em seus sistemas para serem gerenciados (Hariyadi, 2020).

Definido as tecnologias, foi elaborado uma arquitetura de como a ferramenta deve se comportar e como deverá ser feito a integração entre os frameworks e linguagens relacionadas ao *frontend* e *backend*, sendo o Python e *Django* utilizado para definir as rotas e as funções de coletar os dados de servidores e disparar as requisições, o FAI sendo utilizado como script automático para o provisionamento dos servidores e o *Ansible* para realizar a instalação de pacotes de métricas.

Os experimentos consistiram na coleta do tempo total de instalação de um sistema operacional (GNU/Linux). Como métrica, este experimento empregou o tempo de provisionamento (TP), definido como o tempo gasto em minutos para realizar o provisionamento de um servidor.

Foram conduzidas nove execuções do experimento, realizadas por 3 profissionais diferentes, cada um utilizando três servidores distintos. Os resultados obtidos nos experimentos manuais serviram como referência para a comparação. Além disso, foram realizadas três execuções do experimento utilizando a ferramenta desenvolvida em três servidores distintos, contudo a ferramenta possibilitou a realização destes experimentos simultaneamente.

Com essas métricas, foram calculados a média de tempo de provisionamento (MTP) para cada profissional participante do experimento assim como para a ferramenta. Em seguida, comparou-se o MTP obtidos pelos profissionais e pela ferramenta para mensurar a escalabilidade e a eficiência respectivamente.

Na Tabela 1, apresentam-se os resultados dos experimentos realizados tanto pelos profissionais quanto pela ferramenta. O Profissional 1 executou o experimento três vezes e obteve um MTP de 90,3 minutos. O Profissional 2 realizou as mesmas três instalações e resultou em um MTP de 87,6 minutos. O Profissional 3 fez três instalações com MTP de 87,3 minutos. Dessa forma, a média dos MTP dos profissionais resultou-se em 88,4 minutos. Já a ferramenta executou três experimentos e alcançou um MTP de 39 minutos.

Tabela 1. Tempo de instalação em minutos de cada profissional *versus* a ferramenta

Experimento	TP1	TP2	TP3	MTP
Profissional 1	90,0	92,0	89,0	90,3
Profissional 2	88,0	85,0	90,0	87,6
Profissional 3	89,0	88,0	85,0	87,3
Ferramenta	39,0	38,0	40,0	39,0

Fonte: Elaborado pelo autor

Desconsiderados possíveis erros manuais, percebeu-se ganhos significativos da ferramenta em relação ao trabalho realizado pelos profissionais. Os profissionais realizaram os experimentos simultaneamente e monitorando a instalação dos 3 servidores avaliando se o sistema teve queda de eficiência ou falhas. O sistema suporta vários provisionamentos em paralelo sem afetar o seu desempenho e com diferentes configurações de servidores, tornando-o altamente escalável. Os profissionais obtiveram um MTP médio de 88,4 minutos e a ferramenta 39,0 minutos, uma redução de 55,9%, criando um impacto positivo no processo de provisionamento.

A Tabela 2 compara as ferramentas implementadas por diversos autores com a proposta, indicando se o sistema é escalável e eficiente.

Tabela 2. Comparação das ferramentas dos autores com a desenvolvida para o projeto

Autor da Ferramenta	Escalabilidade	Eficiência
Noll	Não	Sim
Morais	Sim	Não
Marques	Sim	Não
Treviso	Não	Sim
Sandobalin	Não	Sim
Ferramenta	Sim	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor

## 4. CONCLUSÕES

A Infraestrutura como Código está se tornando cada vez mais importante no cenário de desenvolvimento de software, proporcionando uma abordagem automatizada e padronizada para o provisionamento de servidores físicos. Este estudo de caso demonstrou a utilização e importância da IaC no processo de provisionamento de servidores de forma rápida e eficiente. Comparou-se o tempo de instalação manual *versus* a ferramenta desenvolvida, e foi verificado que o sistema proporcionou uma redução de significativa no tempo de provisionamento, com um ganho de 44%. Isso resultou em maior produtividade, menor possibilidade de erros e padronização na configuração de servidores.

A automação traz benefícios não apenas em tempo e padronização, mas também em relação à escalabilidade. A ferramenta permite o provisionamento de um ou mais servidores simultaneamente, o que facilita o gerenciamento e a expansão da infraestrutura. A capacidade de escalar rapidamente os recursos de servidores físicos é fundamental para atender às demandas crescentes das empresas de tecnologia, permitindo uma maior agilidade no desenvolvimento e implantação de sistemas. Portanto, a adoção da IaC no provisionamento de servidores físicos melhora a eficiência operacional e impulsiona a produtividade das empresas de tecnologia.

Baseado neste projeto podemos apontar como trabalhos futuros o provisionamento em servidores *Windows*, utilizando ferramentas de DevOps para construir imagens e desenvolver scripts de automação. Além disso, é possível aumentar o parqueamento de servidores visto que o projeto é escalável, podendo suportar cerca de 2000 servidores sem causar lentidão no processo de provisionamento ou gerenciamento. Outro ponto de melhoria será o processo de início do provisionamento, o objetivo é que toda a execução seja iniciada mediante a página web, focando também no desenvolvimento *frontend* e *design* do projeto, o ambiente poderá ser monitorado com o auxílio de *dashboards* dando dinamismo ao uso da ferramenta.

## AGRADECIMENTOS

Este artigo é o resultado do projeto de PD&I (Projeto de Engenharia de Software baseado em Padrões de Projeto para Entrega Contínua), realizado pela Sidia Instituto de Ciência e Tecnologia, em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda., usando recursos da Lei Federal nº 8.387/1991, estando sua divulgação e publicidade em conformidade com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

## REFERÊNCIAS

- Artač, M. et al, 2017. DevOps: Introducing Infrastructure-as-Code. IN: *International Conference on Software Engineering Companion*, 39.
- Hariyadi, I. P., & Marzuki, K. (2020). Implementation of Configuration Management Virtual Private Server Using Ansible. *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika Dan Rekayasa Komputer*, 19(2), 347-357.
- Kim, G. et al. *Manual de DevOps: Como obter agilidade, confiabilidade e segurança em organizações tecnológicas*. Rio de Janeiro: Alta Books, 2018.
- Lange, Thomas, Rühmkorf, Jens and Gärtner, Mattias (2020). *The fully automatic installation of a Linux cluster*.
- Marques, J. A.; Obelheiro, R. R. Um Modelo de Estimação para Provisionamento de Rede de Máquinas Virtuais em Nuvens IaaS. In: *Workshop Em Clouds E Aplicações (WCGA)*, 15., Belém. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2017.
- Menezes, N. N. C, 2014. *Introdução à Programação com Python*. Novatec Editora, São Paulo, SP – Brasil, p. 25.
- Morais, F et al, 2017. Provisionamento Automático de Recursos em Nuvem IaaS: eficiência e limitações de abordagens reativas. In: *Simpósio Brasileiro De Redes De Computadores E Sistemas Distribuídos (SBRC)*. [S.I], p. 35.
- Morris, K., 2016. *Infrastructure as Code: Managing Servers in the Cloud*. IN: O'Reilly Media, Inc, USA
- Noll, 2020. Implementação de infraestrutura como código para provisionamento e deploy de aplicações.
- Reynolds, Douglas; Klein, John (2018). *Infrastructure as Code – Final Report*. In: Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University.
- Sandobalin, J, et al. Argon: A Model-Driven Infrastructure Provisioning Tool. In *ACM/IEEE 22nd International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems Companion (MODELS-C)*, Quito, Equador: Escuela Politecnica Nacional, Ladrón de Guevara, 2019.
- Thinksys. Understanding the Kubernetes Architecture. 2022. <<https://www.thinksys.com/devops/understanding-kubernetes-architecture/>>. Acesso em 17 abril 2023.
- Treviso, A. 2022. Automação do provisionamento de infraestrutura em nuvem para implantação de sistemas. Porto Alegre – RS.
- Turin, Gianluca et al, 2020. A Formal Model of the Kubernetes Container Framework. 10.1007/978-3-030-61362-4\_32.

# CONVERSANDO COM O FUTURO: ESTUDO DE CASO DA INTEGRAÇÃO DE MICRO SERVIÇOS DE MENSAGENS BASEADO EM REDES NEURAIIS

Leonardo Ervin Alves Novak, Vinícius Marques da Silva Ferreira,  
Alfredo Nazareno Pereira Boente e Kilmer Pereira Boente  
*Universidade Veiga de Almeida - UVA, LAMAE-HCTE-Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Avenida Atos da Silveira Ramos, 274 - Cidade Universitária, Brasil*

## RESUMO

Este artigo explora a integração de microserviços de mensagens baseados em redes neurais com o objetivo de aumentar a eficiência da comunicação entre microserviços. A arquitetura de microserviços, conhecida por sua escalabilidade, modularidade e capacidade de isolar falhas, vem ganhando destaque. No entanto, a comunicação entre vários microserviços continua a ser um desafio. As redes neurais, um subcampo do aprendizado de máquina, foram propostas como uma possível solução para esse problema. Este estudo descreve o desenvolvimento de um protótipo aproveitando a arquitetura de rede neural Generative Pretrained Transformer (GPT) e Kafka, uma plataforma de streaming de dados de alto rendimento, para facilitar a comunicação entre microserviços. Através desta combinação, o protótipo visa aumentar a eficiência das mensagens, com a rede neural servindo como um intermediário inteligente, interpretando, categorizando e direcionando adequadamente as mensagens. Os resultados preliminares sugerem que a integração de microserviços de mensagens baseadas em redes neurais pode oferecer uma maneira promissora de melhorar a comunicação em sistemas de microserviços. No entanto, são necessárias mais pesquisas para refinar o protótipo e abordar questões como segurança, privacidade e consumo de recursos. Este trabalho fornece uma base para pesquisas futuras nesta área emergente e desafiadora

## PALAVRAS-CHAVE

Redes Neurais, Microserviços, Comunicação Eficiente

## 1. INTRODUÇÃO

Na era atual da transformação digital, a arquitetura de microserviços tem sido considerada uma das soluções mais eficazes para o desenvolvimento de aplicações de software (Newman, 2017). Este modelo de arquitetura de aplicação descentralizada permite a divisão de tarefas complexas em serviços menores e independentes, o que melhora a eficiência, escalabilidade e a facilidade de manutenção. Cada microserviço pode ser desenvolvido, implantado e escalado independentemente dos outros, proporcionando um alto nível de modularidade. A comunicação entre esses serviços é uma das áreas mais críticas para garantir o bom funcionamento do sistema como um todo. Contudo, a eficiência da comunicação entre os microserviços continua sendo um desafio significativo. As mensagens trocadas entre os serviços precisam ser gerenciadas efetivamente para garantir que sejam entregues ao serviço correto de maneira rápida e confiável. A complexidade desta tarefa aumenta com o número de microserviços no sistema. As técnicas tradicionais de roteamento e encaminhamento de mensagens podem não ser suficientes para lidar com a complexidade e a escala desses sistemas, visto que a aplicação de redes neurais à comunicação entre microserviços pode potencialmente oferecer uma maneira de gerenciar a complexidade da troca de mensagens entre os serviços. Isso pode ser alcançado treinando uma rede neural para reconhecer e categorizar diferentes tipos de mensagens e, em seguida, usar essa classificação para encaminhar as mensagens para o serviço apropriado. Entretanto, como uma forma de aprendizado de máquina, as redes neurais podem aprender padrões complexos e tomar decisões com base nesses padrões (Abadi et al., 2016). Isso as torna particularmente adequadas para o desafio de encaminhar mensagens entre microserviços de maneira eficiente, e ao treinar uma rede neural para entender

as mensagens e aprender a melhor maneira de encaminhá-las, podemos criar sistemas de microserviços que são mais eficientes e adaptáveis.

Este trabalho visa explorar a viabilidade e o potencial da integração de redes neurais em microserviços de mensagens, desenvolvendo um protótipo que utiliza redes neurais para encaminhar mensagens entre microserviços e avaliarmos sua eficácia em uma série de cenários. Ao fazer isso, esperamos contribuir para a compreensão de como as redes neurais podem ser usadas para melhorar a eficiência e a adaptabilidade dos sistemas de microserviços.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia adotada para a elaboração deste estudo se baseou em uma abordagem quali-quantitativa, compreendendo um levantamento de dados secundários e orientações de especialistas do campo, porém, esta abordagem permitiu um estudo aprofundado e contextualizado dos conceitos de microserviços e seu uso no cenário atual da tecnologia, bem como, a realização de uma extensa revisão bibliográfica de livros, artigos científicos, blogs técnicos, relatórios de pesquisa, jornais e revistas. A intenção foi compreender a evolução dos microserviços, suas características, vantagens, desafios e as tendências atuais na área de Tecnologia da Informação (Newman, 2017; Pahl et al., 2019).

A pesquisa bibliográfica foi realizada em bases de dados online, tais como Google Scholar, IEEE Xplore e ACM Digital Library, além de fontes de notícias do setor de tecnologia como TechCrunch e Wired. A seleção dos materiais se baseou na relevância para a temática proposta, data de publicação, com foco em documentos publicados entre 2017 e 2021, e a credibilidade das fontes.

Primeiro, uma revisão ampla da literatura foi conduzida para compreender os conceitos de microserviços e as tendências atuais do setor de tecnologia. Isto incluiu a revisão de livros acadêmicos, artigos de revistas e jornais, blogs de tecnologia, fóruns de discussão e white papers de empresas. Para aprofundar nossa compreensão, consultamos especialistas em microserviços, aprendizado de máquina e arquitetura de software. Esta fase da metodologia nos permitiu construir um quadro de compreensão robusto e atualizado sobre o cenário de microserviços e as possíveis aplicações das redes neurais. Portanto, nossa metodologia para a pesquisa e desenvolvimento do protótipo foi multidimensional e abrangente, utilizando uma abordagem qualitativa e quantitativa, pois com base na revisão da literatura e nas orientações dos especialistas, desenvolvemos nosso protótipo, através da abordagem de Desenvolvimento Orientado a Testes (TDD) para a elaboração do protótipo e garantia da qualidade e eficácia do código.

A abordagem quantitativa foi aplicada para medir a eficácia do protótipo, coletando uma série de métricas, incluindo o tempo de resposta, a taxa de acerto na classificação da mensagem, a latência da rede, entre outras, fornecendo assim, métricas quantitativas de dados concretos sobre o desempenho do protótipo.

Na fase qualitativa, realizamos uma análise de como o protótipo se comportou sob diferentes condições, como o aumento do volume de mensagens e a complexidade das interações entre os microserviços, pois a análise qualitativa nos permitiu compreender melhor o desempenho do protótipo e identificar possíveis áreas de melhoria.

Por fim, com base em nossos resultados qualitativos e quantitativos, refinamos nosso protótipo, iterando o processo de desenvolvimento para melhorar o desempenho e a eficiência, bem como, desenvolvemos recomendações para futuras pesquisas e aplicações, baseadas em nossas descobertas e na orientação de especialistas na área.

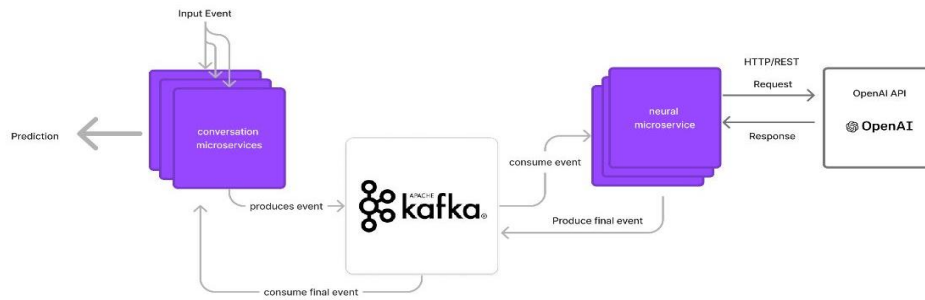


Figura 1. Processo de implementação de um aplicativo Kafka e a api gpt do gpt

## 2.1 Fluxo de Funcionamento do Protótipo

O sistema se utiliza de um dos principais benefícios que uma arquitetura orientada a eventos pode trazer aos microsserviços. Garantir sua maior independência e desacoplamento dentro da aplicação. Como mostra a figura 2, cada sistema é isolado do outro. Esse nível de desacoplamento só é possível pelo messenger Broker, ele é responsável por receber e transmitir eventos para os consumidores, criando uma gestão interna para isso.

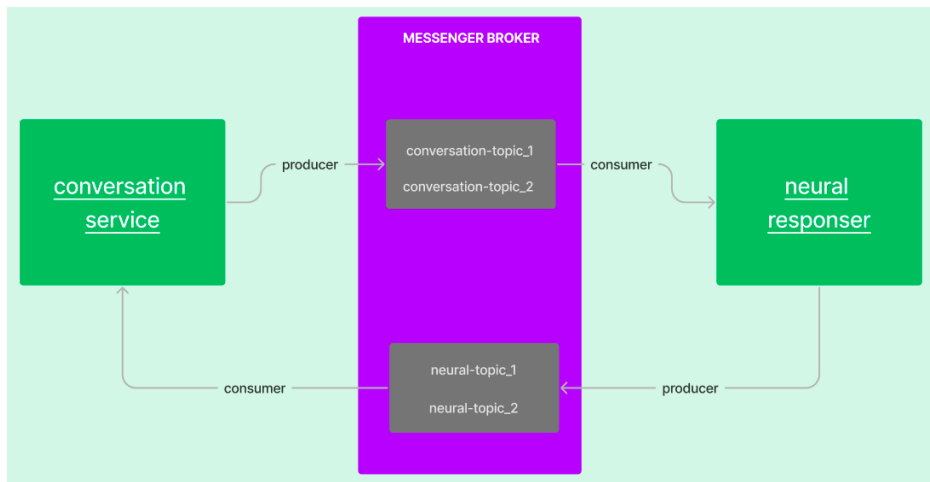


Figura 2. Esquema do protótipo

Todo o processo começa no microsserviço de conversação, atuando como um *listener* das mensagens do usuário, ele inicia o processo uma vez que recebe uma mensagem direta de um usuário. onde monta um objeto que contenha as informações do usuário para futuramente conseguir achá-lo na rede e a mensagem recebida para o processamento neural, uma vez pronto, o objeto é empacotado e enviado dentro do tópico de *conversation* onde através dele microsserviços de processamento neural poderão receber e tratar esse evento.

O microsserviço da rede neural atua como um consumidor de eventos se registrando no tópico *conversation* e aguardando eventos começarem a serem direcionados para ele. Assim que um novo evento é consumido, a mensagem do usuário é processada para obter se a melhor resposta para ela, em seguida o microsserviço neural produz um objeto dentro do tópico de neural contendo a resposta produzida junto com a forma de identificar o usuário que recebeu do tópico *conversation*.

Novamente no microsserviço de conversação, esse agora também atua como um consumidor, se registrando ao tópico neural, onde assim que recebe uma requisição via evento, é responsável pela desserialização do objeto, obtendo as informações necessárias para se comunicar com o usuário e a mensagem produzida pela rede neural. Uma vez com essa informação o microsserviço de comunicação envia a melhor resposta para o usuário alvo.

### 3. CONCLUSÃO

Os micros serviços emergiram como uma das arquiteturas mais importantes para o desenvolvimento de aplicações modernas, oferecendo níveis significativos de modularidade, escalabilidade e isolamento. Contudo, o desafio da comunicação eficiente entre esses serviços continua sendo uma questão central. Nosso trabalho procurou explorar o uso de redes neurais para melhorar a eficiência da comunicação entre micros serviços. Nossos resultados indicam que esta é uma abordagem viável e promissora. A aplicação da inteligência artificial e do aprendizado de máquina à comunicação entre micros serviços apresentou potencial para melhorar a eficiência, a robustez e a adaptabilidade desses sistemas. O protótipo que desenvolvemos foi capaz de encaminhar eficientemente as mensagens, aprendendo e adaptando-se conforme necessário.

Ao utilizar a plataforma Kafka para a transmissão de dados e a API do GPT para análise e aprendizado de máquina, demonstramos como é possível uma integração eficiente entre diferentes tecnologias, resultando em um sistema de micros serviços mais coeso e ágil. Isso parece ser um avanço significativo em relação às abordagens tradicionais de comunicação entre micros serviços.

No entanto, é importante frisar que o trabalho ainda está em fase inicial e existem vários desafios a serem superados. Por exemplo, a segurança e a privacidade dos dados, o consumo de recursos computacionais e a complexidade de manter um sistema de aprendizado de máquina em produção são questões que precisam ser abordadas em pesquisas futuras.

Em última análise, este estudo abre novas portas para a integração de tecnologias emergentes como redes neurais e micros serviços. É um campo de pesquisa que tem o potencial de revolucionar a maneira como construímos e gerenciamos sistemas de software complexos. Estamos animados para ver como essa área de pesquisa irá evoluir nos próximos anos.

### REFERÊNCIAS

- Abadi, M., Barham, P., Chen, J., Chen, Z., Davis, A., Dean, J., ... & Ghemawat, S. (2016). *TensorFlow: A system for large-scale machine learning*. In 12th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI 16) (pp. 265-283).
- Huang, J., Chen, Y., Wang, Q., & Wu, Q. (2020). *Security and Privacy in Cloud-Based Machine Learning: Threats and Countermeasures*. *Journal of Cloud Computing*, 9(1), 1-22.
- Newman, S. (2017). *Building Microservices*. O'Reilly Media, Inc.
- Pahl, C., Jamshidi, P., Mendonça, N. C., & Lewis, P. (2019). *Microservices: A Systematic Mapping Study*. In Proceedings of the 6th International Conference on Microservices (pp. 1-10).
- Videla, A. (2012). *RabbitMQ in action: Distributed messaging for everyone*. Manning Publications Co.
- Zaharia, M., Xin, R., Wendell, P., Das, T., Armbrust, M., Dave, A., ... & Ghodsi, A. (2020). *Apache Spark: a unified engine for big data processing*. *Communications of the ACM*, 59(11), 56-65.

# UTILIZAÇÃO DE MACHINE LEARNING PARA DETECÇÃO DA VARIANTE ARGENTINA DO ESPANHOL

Ibsen Roger Gomes Rego<sup>1</sup>, Clarissa Castellã Xavier<sup>1</sup> e Silas Yunghwa Liu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto SiDi de Pesquisa e Desenvolvimento, Campus Campinas  
Rua Aguaçu, 171, Ed. Jacarandá, Alphaville Empresarial, Brasil

<sup>2</sup>Faculdade XPEducação  
Rua Roma, 561, Santa Lúcia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

## RESUMO

Este trabalho apresenta o esforço realizado em busca de um método automático de identificação da variante argentina do espanhol baseado na detecção do *voseo*. Este artigo descreve a criação de conjunto de dados gerado através de técnicas de raspagem em redes sociais e a aplicação de diversos modelos preditivos, desde os mais tradicionais aos baseados em redes neurais e *transformers*.

## PALAVRAS-CHAVE

Mineração de Texto, Classificação de Texto, Aprendizado de Máquina, Processamento da Linguagem Natural

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com maior fronteira dentro da América do Sul, sendo o espanhol a principal língua falada pelos povos vizinhos. As oportunidades de trabalhar com esses países são acompanhadas de novos desafios, sendo a barreira idiomática um dos mais fortes.

Como estudo de caso, foi escolhido o espanhol argentino, que utiliza uma das conjugações mais originais do espanhol latino-americano: o *voseo*. Este é um fenômeno linguístico no qual o pronome *vos*, derivado de *vosotros*, é utilizado na segunda pessoa do singular, no lugar do pronome *tu*. Este uso é particularmente generalizado na variante argentina, porém é encontrado em outros países hispano-falantes (Miranda *et al*, 2009).

Sendo assim, buscamos identificar vertentes da língua espanhola na América Latina com o uso de modelos preditivos. Para tal, foram realizados experimentos utilizando sete métodos com diferentes arquiteturas. Estes métodos foram aplicados em três conjuntos de dados extraídos do Twitter.

Este artigo está organizado da seguinte maneira. Na Sessão 2 são apresentados brevemente os trabalhos que serviram como base desta pesquisa. A Sessão 3 trata da construção dos conjuntos de dados e dos métodos utilizados para identificação do *voseo*, bem como da apresentação dos resultados obtidos durante os testes. Por fim, o trabalho é concluído na Sessão 4 onde é realizada a recapitulação do trabalho realizado e o levantamento de trabalhos futuros.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

Como a atividade de identificação de regionalismos feita por tradutores e intérpretes é um trabalho lento e oneroso, vários trabalhos abordaram a classificação automática de diferentes variedades de um mesmo idioma.

Maier e Rodrigues (Maier & Rodriguez, 2014) apresentam um identificador automático das variantes argentinas, chilenas, colombianas, mexicanas e espanholas do espanhol em *tweets*. Foi relatado um resultado de Medida-F de 62,72% utilizando um meta-classificador recombinao modelos baseado em n-gramas. (Goutte and Leger, 2015) alcançaram 90,90% de acurácia na distinção entre as variedades espanholas e argentinas usando um classificador SVM. (Guggilla, 2016) descreve um método baseado em redes neurais



profundas para distinguir entre cinco variantes do árabe. A abordagem baseia-se nas técnicas CNN (*Convolutional Neural Networks*) e LSTM (*Long Short-Term Memory*). O melhor resultado foi alcançado com o uso de CNN: 43,20% de Medida-F. (Van der Lee e Bosch, 2017) apresenta um método para discriminar as variantes holandesa e flamenca do holandês. Para tal, foi usado um corpus de 111.278 documentos do IMDb obtendo Medida-F de 92% com um meta-classificador usando o algoritmo AdaBoost.

Saindo do espectro da classificação das variantes idiomáticas, adentrando o tópico da classificação automática de texto, (Almeida *et al*, 2022) descreve o uso das seguintes técnicas de aprendizado de máquina para fazer classificar de crimes de morte: *random forest*, *naive bayes*, *linear SVC*, *SGD Classifier*, *MPL Classifier* e *SVC*. O método que apresenta o melhor resultado é o Random Forest treinado a partir de um vetor TF-IDF.

### 3. DESENVOLVIMENTO, AVALIAÇÃO E RESULTADOS

O projeto para o classificador iniciou com a criação de um conjunto de dados equilibrado e classificado em duas categorias, *voseada* [1] e *não voseada* [0], o que foi possibilitado pela ferramenta *snsrape*<sup>1</sup>. Após, a discussão foi direcionada à melhor origem dos textos para compor o corpus a ser analisado. A princípio, foi considerada a possibilidade de criar o conjunto de dados com títulos de notícias, fazendo uso de sites de jornais argentinos e latino-americanos. Tal ideia, no entanto, foi abandonada, posto que a natureza dos títulos de notícia não coincide com o *voseo*, visto que tendem à formalidade textual.

Sendo assim, era necessário encontrar fontes de textos curtos, escritos informalmente, e de interação entre pessoas, que foi endereçado pelo Twitter<sup>2</sup>, atual X. A limitação de caracteres da rede social mencionada favorece falas informais, abreviações gráficas e quaisquer recursos linguísticos que possam ser utilizados.

A primeira extração de dados gerou um conjunto de 10000 sentenças originais, sendo 50% raspados da página usando como termo de busca o pronome *vos*, 25% com o termo *tú*, e o restante com o termo *usted*. Para a segunda etapa, que resultou em um corpus de 15662 linhas, um novo conjunto foi gerado utilizando verbos em espanhol. Visto que o imperativo é a flexão mais contundente em diferenças entre o espanhol rioplatense (*contame*) e outras vertentes (*cuéntame*, *cuénteme*), a pesquisa foi feita com os mesmos verbos em imperativo da segunda pessoa *tú* para a classificação [0] e imperativo de *vos* para [1]. O resultado das pesquisas não gerou um corpus perfeitamente equilibrado, pois alguns verbos geraram respostas em número inferior àquelas solicitadas pela ferramenta.

Por último, foi criado um conjunto de dados com a fusão dos dois primeiros conjuntos de dados, com um total de 25662 linhas. A figura 1 ilustra os conjuntos de dados, mostrando a quantidade de *tweets* de categoria [0] (*não-voseo*) e [1] (*voseo*) estão ilustrados na Figura 1.



Figura 1. Balanceamento de categorias nos conjuntos de dados 1, 2 e 3

<sup>1</sup> Disponível em: <<https://github.com/JustAnotherArchivist/snsrape>> data de acesso: 17/08/2023

<sup>2</sup> Disponível em: <[twitter.com](https://twitter.com)> Data de acesso: 17/08/2023

Tabela 1. Resultados de acurácia dos conjuntos de dados

	<i>Modelos Clássicos</i>		<i>Modelos Neurais</i>			<i>Transformers</i>	
	Naive Bayes	SVM	GlobalAveragePooling1	LST	GRU	Conv1D	RoBERTa
Dados 1	0,76	0,53	0,97	0,92	0,97	0,97	0,99
Dados 2	0,75	0,56	0,99	0,95	0,98	-	0,99
Dados 3	0,82	0,57	0,89	0,61	0,89	-	0,99

Foram realizadas três conjuntos de testes, cada uma usando um dos conjuntos de dados obtidos pela raspagem de textos em rede social. Para tal, foram utilizados como métodos de classificação clássica o Naive Bayes (Rich, 2001) e SVM (Noble, 2006); para os métodos baseados em redes neurais, foram usados *Global Average Pooling* (AveragePooling1) (Lin, 2013), *Long Short Term Memory* (Graves, 2012) (LSTM), *Gated Recurrent Unit* (GRU) (Cho *et al.*, 2014) e *1D Convolution Layer* (Conv1D) (Srinivasamurthy, 2018). O método baseado em *Transformers* foi o RoBERTa (Liu *et al.*, 2019).

A primeira etapa dos testes trouxe resultados de acurácia positivos, porém, com taxa de perda ascendente. As amostras de testes revelaram que os modelos não haviam generalizado as categorias, tendendo, assim, ao *overfitting*. Pela natureza dos termos usados para a raspagem dos dados (pronomes “vos”, “tú” e “usted”), chegou-se à conclusão de que o primeiro conjunto de dados estaria apresentando vícios que afetariam a sua generalização. Assim, foi decidido criar um novo conjunto de dados com termos mais abrangentes.

O segundo teste foi feito com o conjunto de dados criado a partir de verbos flexionados, usando os mesmos algoritmos do primeiro teste exceto o modelo convolucional, que ao ser dirigido primordialmente a imagens, não atenderia aos propósitos estipulados do classificador. Seus resultados foram similares ao primeiro teste: alta acurácia com taxas de perda ascendente e respostas incorretas para as amostras.

Como forma de tentar reduzir o enviesamento, foi criado um terceiro conjunto de dados amalgamando os dados dos dois anteriores. Igualmente, foram modificados os hiperparâmetros dos modelos neurais, aumentando a quantidade de épocas e de tempo total para os testes. Tal modificação trouxe uma piora nos resultados de acurácia, com iguais resultados negativos tanto com as amostras, como com a taxa de erros (ascendente).

Após tais resultados negativos, foi decidido fazer uma análise dos dados utilizando a ferramenta Doccano<sup>3</sup>. Após revisão de apenas 1% do terceiro corpus, foi constatado que a qualidade dos textos era inconsistente por sua natureza informal. Os textos apresentavam erros ortográficos, e de forma mais crítica, erros gramaticais (uso do pronome *vos* com a conjugação de *usted*, por exemplo) que afetariam em grande medida o resultado dos modelos preditivos, concluindo-se, assim, a necessidade de uma melhoria na qualidade de dados de entrada.

## 4. CONCLUSÃO

Este trabalho relata o experimento realizado com a finalidade de detectar a variante argentina do espanhol através da identificação do *voseo* em *tweets* utilizando métodos de aprendizado de máquina. Foram construídos três conjuntos de dados para tal atividade. O primeiro conjunto contendo sentenças 50% raspadas da página usando como termo de busca o pronome *vos*, 25% com o termo *tú*, e o restante com o termo *usted*. O segundo conjunto foi gerado utilizando verbos em espanhol. Por fim, o terceiro com a fusão dos dois primeiros conjuntos de dados.

Foram utilizados métodos de classificação clássicos, baseados em redes neurais e *transformers*. O método baseado em *transformer* foi o que apresentou a melhor acurácia em todos os conjuntos de dados. Todavia, os resultados demonstraram clara tendência ao *overfitting*. Após análise dos conjuntos de dados de maneira individual, constatou-se que esse falta de generalização está relacionada à natureza informal das sentenças escritas em redes sociais, repletas de ortografia incorreta, erros gramaticais, entre outros.

<sup>3</sup> <https://github.com/doccano/doccano>

Os resultados supracitados reforçam a natureza crítica do uso de dados qualificados para que haja uma generalização efetiva dos conceitos a serem classificados pelos modelos preditivos. Desta forma, propomos um polimento nos dados já produzidos, ou uma nova série de dados revisados ostensivamente para uso em modelos preditivos. Além disso, o trabalho continua em processo de melhoria, requerendo um conjunto de dados inicial mais polido, com menor taxa e ruído, para aplicar, novamente, aos algoritmos e amostras em si.

## RECONHECIMENTOS

Este trabalho não teria sido possível sem o apoio do Instituto SiDi de Pesquisa e Desenvolvimento.

Um especial agradecimento à equipe de Processamento de Linguagem Natural, que foi de grande apoio e incentivo para esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- de Almeida, M.G., Canedo, E.D., dos Santos, L.B., Gomes, R.P. and Lima, P.M.D.P., 2022. Utilização de machine learning para classificação de crimes de morte no estado de São Paulo. In *Proceedings of CIACA & CIAWI*.
- Cho, K., Van Merriënboer, B., Gulcehre, C., Bahdanau, D., Bougares, F., Schwenk, H. and Bengio, Y. 2014. Learning phrase representations using RNN encoder-decoder for statistical machine translation. *arXiv preprint arXiv:1406.1078*.
- Cyril Goutte and Serge Leger. 2015. Experiments in discriminating similar languages. In *Proceedings of the Joint Workshop on Language Technology for Closely Related Languages, Varieties and Dialects (LT4VarDial)*, pp. 78–84, Hissar, Bulgaria, Septembe.
- Guggilla, C., 2016, December. Discrimination between similar languages, varieties and dialects using cnn-and lstm-based deep neural networks. In *Proceedings of the Third Workshop on NLP for Similar Languages, Varieties and Dialects (VarDial3)* (pp. 185-194).
- Graves, A., 2012. Long short-term memory. *Supervised sequence labelling with recurrent neural networks*, pp.37-45.
- Lin, M., Chen, Q. and Yan, S., 2013. Network in network. *arXiv preprint arXiv:1312.4400*.
- Liu, Y., Ott, M., Goyal, N., Du, J., Joshi, M., Chen, D., Levy, O., Lewis, M., Zettlemoyer, L. and Stoyanov, V., 2019. Roberta: A robustly optimized bert pretraining approach. *arXiv preprint arXiv:1907.11692*.
- Maier, W. and Gómez-Rodríguez, C., 2014. Language variety identification in Spanish tweets. In *Proceedings of the EMNLP2014 Workshop on Language Technology for Closely Related Languages and Language Variants* (pp.25-35).
- Miranda, L.R., Suárez Cepeda, S.G., Nieto González, A.E. and Rodríguez Chaves, D.M., 2009. El voseo en el español de la Argentina. Descripción del fenómeno y propuesta metodológica para la clase de ELE. *Universidad Nacional de La Pampa*, pp.1-9.
- Noble, William S, 2006. What is a support vector machine?. *Nature biotechnology*, 2006, 24.12: 1565-1567.
- Rish, Irina, 2001. An empirical study of the naive Bayes classifier. In *IJCAI 2001 workshop on empirical methods in artificial intelligence*. Vol. 3. No. 22.
- Srinivasamurthy, R.S., 2018. *Understanding 1D convolutional neural networks using multiclass time-varying signals* (Doctoral dissertation, Clemson University).
- van der Lee, C. and van den Bosch, A., 2017. Exploring lexical and syntactic features for language variety identification. In *Proceedings of the Fourth Workshop on NLP for Similar Languages, Varieties and Dialects (VarDial)* (pp. 190-199).

# DESAFIOS E POTENCIALIDADES NA CAPACITAÇÃO CORPORATIVA COM O USO DE E-LEARNING

Danielle A. de Oliveira Tabosa<sup>1,2</sup>, Ludmila Bravim<sup>1,2</sup>, Nayara Gomes<sup>1,2</sup>,  
Fábio Lúcio Lopes de Mendonça<sup>1,2</sup>, Carlos Eduardo Lacerda Veiga<sup>3</sup> e Daniel Alves da Silva<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Pós-graduação Profissional em Engenharia Elétrica – PPEE – Departamento de Engenharia Elétrica,  
Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil, Zip Code 70910-900*

<sup>2</sup>*Laboratório de Tecnologias da Tomada de Decisão - LATITUDE/UnB, Brasil*

<sup>3</sup>*Advocacia-Geral da União – AGU, Brasil*

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa é analisar os desafios e as potencialidades em capacitar servidores públicos da Administração Pública na modalidade e-learning, por intermédio de Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) apoiada por Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs). A metodologia utilizada neste estudo foi uma revisão bibliométrica com intuito de buscar publicações científicas relevantes, as quais foram obtidas aplicando critérios de avaliação das características, similaridade e abordagem, bem como a análise de conteúdo dos trabalhos selecionados, que ratificou o interesse científico pelo e-learning em plataforma AVA para capacitação, com destaque para: análise de fatores que contribuem para o sucesso ou o fracasso de programas de ensino-aprendizagem online para capacitar servidores públicos; estudo sobre como as tecnologias da informação e da comunicação podem auxiliar nas capacitações; estudo sobre as competências digitais necessárias para o uso de plataformas e-learning; compreensão de como as novas tecnologias podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades e competências dos servidores públicos. Esta é uma pesquisa de caráter qualitativo e visa contribuir para o desenvolvimento de melhores práticas e análise dos desafios e potencialidades do uso de e-learning em AVA. A capacitação de servidores públicos mediada por essa modalidade de ensino apresenta uma grande potencialidade para o aprimoramento dos serviços públicos, possibilitando que os servidores possam acessar conteúdos específicos, aprimorar suas competências técnicas e desenvolver habilidades profissionais de maneira prática e eficaz. Um dos desafios enfrentados pelas instituições públicas é a resistência de alguns profissionais a aceitarem as mudanças propostas pelo avanço tecnológico. Os resultados apontam que, mesmo com todos os desafios, essa modalidade de ensino apresenta vantagens quando implementada corretamente.

## PALAVRAS-CHAVE

Educação a Distância, Capacitação Corporativa, Qualidade de Ensino e Aprendizagem, E-Learning

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Tecnologia da Informação e Educação

Com o avanço tecnológico, os ambientes de comunicação estão se tornando mais interativos, modernos, acessíveis e em tempo real, impulsionando a criação de ambientes virtuais de aprendizado centrados na experiência do usuário. Isso é especialmente evidente com o aumento do trabalho remoto, videoconferências e cursos online. As plataformas virtuais desempenham um papel essencial na aquisição de conhecimento e no aumento do engajamento dos participantes fornecendo horizontes empolgantes para expandir comunidades de prática para criar Ambientes Virtuais de Aprendizagem (Valero Garcés, 2020).

A tecnologia abre portas para o ensino e a aprendizagem, tornando o acesso a informações e materiais de apoio mais fácil. As organizações estão investindo em treinamento e desenvolvimento de habilidades para se adaptarem às mudanças tecnológicas, visando o sucesso. Isso inclui capacitar os colaboradores com competências essenciais para lidar com tecnologias emergentes, legislações e decretos, fazendo uso de ferramentas e ambientes virtuais (Papastylianou et al., 2020).

Um modelo de aprendizagem combinada é considerado uma oportunidade para promover serviços governamentais interoperáveis e aprimorar as habilidades digitais, contribuindo para uma "cultura de

interoperabilidade de serviços digitais" (Papastylianou et al., 2020). A falta de treinamento adequado é identificada como uma barreira significativa para a resiliência do governo eletrônico (Chohan e Hu, 2022). O desenvolvimento de competências institucionais por meio de treinamento é crucial para o avanço organizacional, alinhando os cursos com as metas e objetivos da instituição. O uso de Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) oferece flexibilidade e facilita o desenvolvimento profissional dos servidores.

As Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) são vistas como habilitadoras para a reforma do setor público, particularmente no que diz respeito às habilidades digitais e à aprendizagem móvel (Viana et al., 2023; Albuquerque et al., 2023). Ambientes virtuais de capacitação oferecem vantagens para a Administração Pública, permitindo interações com palestrantes e instituições em todo o país e promovendo palestras e seminários relevantes (Chohan e Hu, 2022).

Este estudo conduziu uma revisão bibliométrica de artigos científicos relacionados à temática no cenário acadêmico-científico, considerando um período de referência de 5 anos. Isso revelou um notável aumento na utilização do e-learning em ambientes virtuais de aprendizagem como meio de capacitação de servidores públicos. Com base na análise realizada, fica evidente que essa modalidade de ensino desempenha um papel significativo no estímulo ao progresso profissional e na ampliação das competências individuais, tanto no âmbito organizacional quanto corporativo.

A presente pesquisa reconhece a afinidade com o estudo supracitado, uma vez que ambos destacam a relevância da capacitação de servidores públicos como meio de enfrentar desafios e aproveitar as potencialidades da educação a distância, visando contribuir para o desenvolvimento do setor.

## 1.2 Educação a Distância e Capacitação de Servidores Públicos

A Educação a Distância (EaD) amplia o acesso à educação, permitindo a aprendizagem independente em qualquer lugar e hora, através da tecnologia. É particularmente valiosa na capacitação de servidores públicos, agilizando a aquisição de competências necessárias. A produção de cursos EaD envolve uma equipe multidisciplinar para garantir a qualidade do conteúdo e a coerência da linguagem.

A interação entre essa equipe é fundamental para assegurar a clareza e acessibilidade do material. Com essa colaboração, os cursos de capacitação de servidores públicos com TICs oferecem flexibilidade, qualidade e acesso remoto, preparando profissionais para a Administração Pública. Progetti (2020) enfatiza a importância das TICs na EaD, transformando conhecimento em habilidades profissionais, embora desafios de acessibilidade e inclusão persistam.

A mediação pedagógica e a avaliação das estratégias de textualidade envolvem interferências textuais que revelam a concepção dos participantes da equipe multidisciplinar (professor, designer e revisores textuais) sobre a escrita de um texto didático (Hissa, 2020). Este processo contínuo de interação entre especialistas busca facilitar a compreensão de textos pelos leitores, tornando sua interpretação mais acessível (Hissa, 2020).

Na capacitação de servidores públicos, a usabilidade das plataformas para diferentes gerações é essencial, reconhecendo que as gerações não são excludentes e o aluno tem um papel central na aprendizagem.

## 2. METODOLOGIA

Para a coleta de dados, analisaram-se informações obtidas por meio de um acordo de cooperação entre a Universidade de Brasília (UnB) e a Advocacia-Geral da União (AGU). A análise compreendeu o período de 2020 a março de 2023, abrangendo 19 capacitações, e avaliou a eficiência do e-learning no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) para o treinamento de servidores públicos, considerando o período indicado.

As capacitações ocorreram de forma síncrona via Microsoft Teams, possibilitando a comunicação em tempo real entre instrutores e alunos. Além disso, atividades assíncronas foram disponibilizadas na plataforma AVA Moodle, proporcionando aos alunos acesso a materiais de apoio e oportunidades de aprendizado flexível e independente.

Em 2020, foram disponibilizados quatro cursos com um índice de aproveitamento de 79,43%. No ano subsequente, em 2021, o número de cursos aumentou para nove, e esse percentual alcançou 82,58%. Já em 2022, foram oferecidos quatro cursos, registrando um aproveitamento de 81,58%. Até março de 2023, foram disponibilizados dois cursos, os quais apresentaram um índice de de 75,00%.

A metodologia utilizada para realizar uma revisão bibliométrica a respeito do tema foi a Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado – TEMAC. Esta permite a integração entre as exigências atuais da literatura acerca de trabalhos científicos com vistas a precisão, validade e funcionalidade, e consiste em 3 etapas, quais sejam: preparação da pesquisa; apresentação e inter-relação dos dados; detalhamento (Mariano & Rocha, 2017).

Quanto à primeira etapa, de preparação da pesquisa, foi realizada a construção da string de pesquisa a partir de palavras que refletissem o tema, envolvendo expressões relacionadas à capacitação dos servidores públicos, ao uso de Ambiente Virtual de Aprendizagem e ao recorte temporal de 5 anos, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. String de pesquisa

Base de dados	String
SCOPUS	TITLE-ABS-KEY ( ( "Distance Education" OR " education a distância" OR e-learning OR "ambiente virtual de aprendizado" OR "Virtual Learning Environment" OR ava OR moodle ) AND ( training OR capacitation OR extension ) AND "Public Service" ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2023 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2022 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2021 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2020 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2019 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) )

Fonte: autores (2023)

A pesquisa utilizou a base de dados Scopus, reconhecida na comunidade acadêmica por sua confiabilidade. Essa escolha se baseou em sua qualidade como fonte de informações científicas relevantes. Após a coleta de dados, a análise dos registros desempenha um papel crucial na síntese das informações. Uma análise relevante consiste na identificação das principais revistas que publicam artigos relacionados ao tema da pesquisa, considerando critérios como fator de impacto, relevância na área de pesquisa e frequência de publicação. Isso ajuda a orientar futuras pesquisas e compreender o panorama atual da pesquisa nesse campo (Mariano & Rocha, 2017).

Na segunda etapa, a pesquisa foi construída com as palavras-chave descritas na Tabela 1, utilizando um recorte temporal de 2018 a 2023. Os resultados obtidos contou com um total de 15 publicações alinhadas à temática (Cong, Y. et al.(2022); Li, X.(2022); Chohan, S. R. & Hu, G.(2022); Ohammadian, H. D. et al.(2022); Ronzhyn, A. et al.(2019); Eser, O. (2020); Kupesic, S. P. et al. (2020); Papastylianou, A. (2020); Thakur, R. K., & Deshpande, M. V. (2018); Condruzbaescu, M (2019); Aleksandrova, N. A et al. (2018); Ngoepe, M., & Saurombe, N.(2021); Valero Garcés (2020); Hough, K. L., & Akhgar, B. (2022); Hissa, D. (2020) e Progetti, Claudia Bianchi (2020)), dentre elas, 5 foram escolhidas por conterem informações relevantes para o estudo. Essas publicações foram selecionadas para uma análise detalhada, abordando: quantidade de citações, relevância para o tema e atualidade.

Na terceira etapa, aprofunda-se a análise com o objetivo de compreender melhor o tema em estudo. Isso inclui a identificação de coautoria e co-citação para mapear colaborações e referências teóricas na área. Também é essencial examinar abordagens e linhas de pesquisa, validar hipóteses com evidências e apresentar um modelo integrador por meio da comparação de resultados de diferentes fontes de informação. Essa análise mais profunda proporciona uma compreensão mais completa do tema, revelando lacunas e oportunidades de pesquisa (Mariano & Rocha, 2017).

A seleção prévia mostrou que o estudo em questão é semelhante aos resultados encontrados. Sua análise de conteúdo tinha como objetivo identificar os principais tópicos do cenário acadêmico-científico, proporcionando uma visão atualizada do assunto. Foi adotada uma abordagem qualitativa na análise, permitindo identificar tendências e padrões na capacitação de servidores públicos por meio da Educação a Distância. Isso contribui para a melhoria do quadro profissional das instituições. Além disso, foi constatado que essa modalidade de ensino promove um aprendizado mais profundo, dinâmico e eficaz.

### 3. ANÁLISE DE RESULTADOS

Com um alto índice de aceitação, conclui-se que o aumento de cursos em 2022 teve impacto positivo. A melhoria no aproveitamento é um indicador relevante da eficácia dos cursos oferecidos. Os resultados mostram que o avanço tecnológico diário está mudando a perspectiva das instituições públicas, que investem, pesquisam e implementam soluções digitais para aprimorar sua produtividade e eficiência.

Todo esse salto tecnológico e a velocidade das informações convergem para um acesso rápido ao conhecimento, fazendo necessário o dinamismo que os cursos a distância oferecem. Essa modalidade de ensino vem se tornando primordial, sendo de grande importância na capacitação de servidores públicos.

Após análise dos resultados obtidos na base de dados Scopus, verificou-se que o ensino-aprendizagem mediado por e-learning em Ambiente Virtual de Aprendizagem tem evoluído nos últimos anos. Artigos e publicações destacam sua eficácia na melhoria da qualidade do ensino e da aprendizagem, além de ser promissor na capacitação.

O uso frequente do e-learning em plataformas AVA para treinamento profissional tem se mostrado uma ferramenta excepcional. Isso otimiza o tempo, reduz custos e permite que os indivíduos tracem sua jornada de aprendizado de forma independente e flexível. Isso é particularmente valioso no contexto da capacitação de servidores públicos, pois contribui para o progresso institucional e o desenvolvimento contínuo de seus profissionais. Resultando em benefícios como avanço na carreira, crescimento pessoal e profissional, redução de custos de treinamento e melhoria na produtividade e qualidade dos serviços prestados.

Os desafios mencionados, embora possam ser considerados obstáculos, podem ser aprimorados com o avanço tecnológico e o tempo para melhor adaptação social. No contexto da capacitação de servidores públicos, com base na análise dos autores e da legislação, conclui-se que a aplicação dessa modalidade de ensino, apesar de alguns desafios, possui grande potencial, tornando-a um investimento positivo.

#### 4. CONCLUSÃO

Ao final, constatou-se que a capacitação dos servidores na modalidade EaD apresenta recorrência, com desafios principais relacionados à adaptação do ensino a distância às necessidades específicas de cada área e à criação de métodos eficazes de avaliação dos servidores. Além disso, apesar dos obstáculos remanescentes, identificaram-se vantagens notáveis dessa abordagem, como o acesso a conteúdo de alta qualidade e a flexibilidade de horários.

Conclui-se que a capacitação dos servidores por meio dessa modalidade surge como uma alternativa viável e promissora para o treinamento e aperfeiçoamento efetivos desses profissionais. A metodologia empregada facilitou a análise dos desafios e das potencialidades da Educação a Distância, mostrando-se apropriada para implementação no setor público.

Considerando que este campo está em constante evolução tecnológica, espera-se que esta pesquisa estimule novos estudos e práticas na capacitação à distância, visando aprimorar a qualidade da educação voltada para a qualificação dos servidores públicos, por meio da adaptação digital, acessibilidade, inclusão, inovação e eficiência no ensino, entre outros aspectos relevantes. Assim, serão criadas melhores oportunidades de desenvolvimento profissional.

#### REFERÊNCIAS

- Albuquerque, T. G. A., da Silva, D. A., Alves, V. C. S., de Oliveira Tabosa, D. A., de Mendonça, F. L. L., & de Sousa Júnior, R. T. (2023). *The use of mobile learning in the professional master's degree in cybersecurity*.
- Aleksandrova, N. A., Khramova, M. V., & Kurkin, S. A. (2018). Computer safety basics training for the older generation. *2018 IEEE International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS)*. <https://doi.org/10.1109/itmqs.2018.8525098>
- Brasil (1996). Ministério de Educação e Cultura. *LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996*. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394\\_ldbn1.pdf](http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf). Acesso em: 19 mar. 2023.
- Brasil (2004). *Decreto nº 5296 de 2 de dezembro de 2004*. Regulamenta as Leis nºs 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm). Acesso em: 18 mar. 2020.
- Chohan, S. R. & Hu, G. (2022). Strengthening digital inclusion through e-government: cohesive ICT training programs to intensify digital competency. *Information Technology for Development*, 28(1), 16–38. <https://doi.org/10.1080/02681102.2020.1841713>

- Condruzbaescu, M. (2019). E-learning market in Romania. *eLearning and Software for Education*. <https://doi.org/10.12753/2066-026x-19-075>
- Cong, Y., Wang, B., Zou, Y., DU, T., & Bu, J. (2022). Research on online simulation training teaching of onshore marine engine room. *2022 International Conference on Education, Network and Information Technology (ICENIT)*. <https://doi.org/10.1109/icenit57306.2022.00011>
- da Silva Viana, E. C., Maia, H. J. S., de Oliveira Tabosa, D. A., da Silva, D. A., de Mendonça, F. L. L., & de Sousa Júnior, R. T. (2023). *Remote teaching during the covid-19 pandemic: challenges and potentialities of using m-learning in literacy classes in Brazil*.
- Eser, O., LAI, M., & SALTAN, F. (2020). The affordances and challenges of wearable technologies for training public service interpreters. *Interpreting: International Journal of Research and Practice in Interpreting*, 22(2), 288–308. <https://doi.org/10.1075/intp.00044.es>
- Hissa, Débora Liberato Arruda & Araújo, Nukácia Meyre Silva (2020). A retextualização hipertextual em material didático digital para a educação à distância. *Diacrítica*, v. 34, n. 1, p. 41.
- Hissa, Débora Liberato Arruda (2020). A Avaliação da Textualidade no Processo de Escrita Didático-Acadêmica: um estudo de caso. *Signum: Estudos da Linguagem*, v. 23, n. 1, p. 96-112.
- Hough, K. L., & Akhgar, B. (2022). Co-creating ICT solutions to aid migrant integration: lessons learned from the h2020 miict1 project. Paper presented at the *International Conference on Applied Computing 2022 and WWW/Internet 2022*, 247-252.
- Kupescic, S. P., Kranjcevic, N., Rodriguez, M. A., & Vazquez, E. (2020). Education, scholarship, academic, and public services during and after corona crisis. *Donald School Journal of Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, 14(3), 288–295. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10009-1658>
- Li, X. (2022). Development of cloud information platform based on blockchain public service platform. *2022 Sixth International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*. <https://doi.org/10.1109/i-smac55078.2022.9987372>
- Mariano, A. M. & Rocha, M. S. (2017). Revisão da Literatura: Apresentação de uma Abordagem Integradora. XXVI Congreso Internacional de la Academia Europea de Dirección y Economía de la Empresa (AEDEM), v. 26, n. 427–443.
- Mohammadian, H. D., Langari, Z. G., & Wittberg, V. (2022). Cyber Government for Sustainable Governance: Examining Solutions to Tomorrow's Crises and Implications through the 5<sup>th</sup> wave theory, Edu 5.0 concept, and 9PSG model. *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. <https://doi.org/10.1109/educon52537.2022.9766774>
- Ngoepe, M., & Saurombe, N. (2021). Africanisation of the South African archival curriculum: A preliminary study of undergraduate courses in an open distance e-learning environment. *Education for information*, 37(1), 53–68. <https://doi.org/10.3233/efi-190358>
- Papastilianou, A.; Stasis, A.; Rantos, K. & Kalogirou, V. (2020). Blended learning and open courseware for promoting interoperability in public services. *In: Communications in Computer and Information Science* (p. 79–93). Springer International Publishing.
- Progetti, Claudia Bianchi (2020). Avaliação de eficiência do uso de tecnologia da informação e comunicação para suporte à educação a distância. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Ronzhyn, A., Spitzer, V., & Wimmer, M. (2019). Scenario technique to elicit research and training needs in digital government employing disruptive technologies. *Proceedings of the 20th Annual International Conference on Digital Government Research*.
- Sistema Integrado de Normas Jurídicas do DF. *Decreto nº 39.468, de 21 de novembro de 2018*. Regulamenta a Política de Capacitação e de Desenvolvimento para os servidores da Administração Direta, Autárquica e Fundacional do Distrito Federal. SINJ-DF. Disponível em: [https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/e7fa1bbfe5ae4001b158e48721b36b48/Decreto\\_39468\\_21\\_11\\_2018.html](https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/e7fa1bbfe5ae4001b158e48721b36b48/Decreto_39468_21_11_2018.html). Acesso em: 15 mar. 2023.
- Thakur, R. K., & Deshpande, M. V. (2018). OKO-SVM: Online kernel optimization-based support vector machine for the incremental learning and classification of the sentiments in the train reviews. *Advances in Complex Systems. A Multidisciplinary Journal*, 09(06), 1850054. <https://doi.org/10.1142/s179396231850054x>
- Valero Garcés, C. (2020). Creating a virtual learning environment in public service interpreting and translation. The massive open online course get your start in PSIT. <https://doi.org/10.13137/2421-714X/31236>.





# **Artigos de Reflexão**



# EM BUSCA DE UM PROCESSO AUTOMATIZADO PARA LEVANTAMENTO DE LITERATURA APOIADO POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA

Júlia Condé Araújo, Marina Condé Araújo e Marco Antônio Pereira Araújo  
UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora / UniAcademia - Centro Universitário Academia  
Juiz de Fora / MG - Brasil

## RESUMO

A crescente quantidade de informações e trabalhos científicos tornou a busca e síntese da literatura um desafio em pesquisas acadêmicas. A Inteligência Artificial (IA) surge como uma alternativa promissora para enfrentar essa complexidade, tornando a pesquisa acadêmica e o levantamento da literatura mais dinâmicos. Tais pesquisas acadêmicas requerem análise extensa de literatura, agravada pelo grande número de publicações e plataformas disponíveis. A IA, com sua habilidade de processar dados, identificar padrões e se adaptar às preferências dos usuários, simplifica o processo de busca e seleção de literatura. Este trabalho concentra-se na criação de um processo automatizado, baseado em IA generativa e integração de ferramentas, para facilitar o processo de revisão de literatura acadêmica. Essa abordagem busca simplificar a escolha de palavras-chave, a geração de *strings* de busca em diferentes idiomas e máquinas de busca, criação de gráficos de distribuição de artigos e nuvem de palavras, bem como o apoio à avaliação dos resultados, agilizando o processo de pesquisa. Desta forma, apresenta uma hipótese de que um processo automatizado que combine IA e conhecimento humano pode aumentar a eficiência em pesquisas acadêmicas. Tal abordagem pode, de forma significativa, contribuir para uma maior agilidade no processo de descoberta de trabalhos relacionados, apoiando o pesquisador nessa importante, embora árdua, tarefa.

## PALAVRAS-CHAVE

Revisão da Literatura, Revisão Sistemática, Mapeamento Sistemático, Inteligência Artificial Generativa, Processo Automatizado

## 1. INTRODUÇÃO

Na pesquisa acadêmica, a análise crítica e a síntese do conhecimento pré-existente desempenham um papel fundamental na construção das bases para novas descobertas. A literatura acadêmica, vasta e em constante expansão, demanda abordagens específicas para explorar, compreender e avaliar evidências. Nesse contexto, algumas metodologias se destacam: o mapeamento sistemático e a revisão sistemática da literatura (Kitchenham e Charters, 2007). É crucial reconhecer as diferenças entre o mapeamento sistemático e a revisão sistemática da literatura. Enquanto o mapeamento sistemático busca oferecer uma visão ampla e organizada dos estudos disponíveis, a revisão sistemática concentra-se em responder a questões específicas por meio da avaliação crítica, análise comparativa e síntese dos achados relevantes. A busca de estudos durante o mapeamento ou revisão sistemática da literatura é regida pela definição de um protocolo de pesquisa, que inclui a construção de uma questão de pesquisa, definição de palavras-chave, *string* de busca, critérios de inclusão e exclusão e avaliação dos resultados.

A questão de pesquisa é a pergunta central que orienta o estudo, direcionando a análise crítica e síntese do conhecimento existente. Desempenha um papel essencial ao definir o escopo, objetivos e relevância do trabalho, além de estruturar a busca, seleção e avaliação de evidências. Já a definição das palavras-chave, que culmina na construção da *string* de busca, deriva de um elemento denominado PICOC, que visa delimitar o escopo da busca, que significa: *Population* (alvo da pesquisa), *Intervention* (fator de interesse da pesquisa), *Comparison* (comparação com outros métodos ou técnicas existentes; opcional e não utilizado neste trabalho), *Outcome* (resultados a serem extraídos) e, por fim, *Context* (contexto onde a busca está inserida). Os critérios de inclusão e exclusão determinam critérios para aproveitamento e descarte de artigos resultantes da pesquisa,

como língua e acessibilidade do material, dentre outros. A avaliação da qualidade dos resultados é importante para identificar os trabalhos que realmente contribuem para a pesquisa em questão.

## 2. AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE REVISÃO DA LITERATURA

A pergunta de pesquisa associada a este trabalho questiona se a inteligência artificial generativa pode contribuir para a automação de processos de revisão da literatura de forma a apoiar pesquisadores. Os critérios de inclusão e exclusão foram definidos de forma que os artigos selecionados estejam disponíveis na web e no idioma inglês.

Assim, para a realização deste estudo, um mapeamento sistemático da literatura foi conduzido. Tal mapeamento foi feito em duas etapas. A primeira, de forma tradicional como usualmente é feito por pesquisadores. A segunda etapa, uma evolução da primeira, foi conduzida utilizando a abordagem descrita neste trabalho, ou seja, utilizando a Inteligência Artificial Generativa como ferramenta de apoio. Na Tabela 1 é apresentado o PICOC do mapeamento sistemático da literatura.

Tabela 1. PICOC

PICOC	<i>Population</i>	<i>Intervention</i>	<i>Control</i>	<i>Outcome</i>	<i>Context</i>
Palavras-Chave	Revisão da literatura	Mapeamento sistemático, revisão sistemática	Não definido	Ferramenta, aplicação, software	Processo automatizado

A partir dessas palavras-chave, é construída uma *string* de busca a ser utilizada numa máquina de busca. Neste trabalho foi utilizada a IEEEExplore, mas outras poderiam ser utilizadas, inclusive de forma complementar, como ACM Digital Library, Web of Science, Google Scholar, dentre outras. Tal *string* é apresentada na Tabela 2, com os termos em inglês em função da significativa quantidade de artigos publicados nessa língua.

Tabela 2. *String* de busca inicial

<i>String</i> de busca
("literature review") AND ("systematic mapping" OR "systematic review") AND ("automated process") AND ("tool" OR "application" OR "program" OR "software")

Tal *string* de busca não conseguiu retornar nenhum artigo na máquina de busca utilizada. Esse é um dos desafios quando da realização de mapeamentos da literatura, a definição correta dos termos a serem utilizados na *string* de busca, principalmente num mapeamento, onde é importante uma visão ampla da área sob análise, inclusive identificando lacunas de pesquisa.

Aqui entra a primeira situação proposta neste trabalho. A utilização de IA Generativa pode auxiliar na identificação de siglas, sinônimos e variações dos termos utilizados, aumentando as chances de identificar estudos que podem estar usando diferentes terminologias para se referir ao mesmo conceito. Ao submeter cada termo da *string* de busca ao ChatGPT (2023) solicitando tais alternativas, em inglês, um conjunto de palavras foi retornado, cabendo ao pesquisador identificar aquelas que podem contribuir para a evolução da *string* de busca, melhorando sua resposta. Por exemplo, para o Contexto, o ChatGPT sugeriu termos como "Automated workflow", "Automated method", "Automated system" e "Process automation", dentre outros. Desta forma, o termo "automation" foi incorporado à *string* de busca, resultando na versão apresentada na Tabela 3. Com tal ajuste na *string* de busca, na mesma ferramenta de pesquisa, foram retornados 17 artigos. Pela análise dos títulos, o trabalho de Müller *et al.* (2022) apresentou-se como o mais relevante e, mesmo não estando publicamente disponível, foi possível, utilizando a técnica de *Snowballing* (análise das referências do artigo), identificar os trabalhos de Marshall e Wallace (2019), van Dinter *et al.* (2021) e Wagner *et al.* (2022), melhorando substancialmente o resultado da pesquisa, justificando a abordagem de sugestão de termos pelo ChatGPT. Resumidamente, esses artigos, apesar de não apresentarem um processo implementado para apoio de revisão da literatura, ou mesmo a execução de um estudo experimental, são importantes para o entendimento da necessidade dessa discussão.

Tabela 3. *String* de busca ajustada

<i>String</i> de busca ajustada
("literature review") AND ("systematic mapping" OR "systematic review") AND ("automated process" OR "automation") AND ("tool" OR "application" OR "program" OR "software")

Ainda, como elementos importantes em um mapeamento sistemático da literatura, normalmente constrói-se um gráfico mostrando a evolução da publicação dos artigos por ano (Figura 1) e uma nuvem de palavras com os sobrenomes dos autores (Figura 2). O gráfico é importante para apresentar a taxa de crescimento anual do volume de artigos produzidos naquela área, enquanto a nuvem de palavras ajuda a identificar os pesquisadores mais proeminentes naquele assunto.



Figura 1. Artigos publicados por ano



Figura 2. Nuvem de palavras por autor

Seguindo a abordagem proposta neste trabalho, de automação do processo, normalmente as máquinas de busca permitem a exportação dos resultados da pesquisa de forma que possam ser integrados em outras ferramentas. Neste caso, a IEEEExplore permite a exportação dos resultados em um arquivo CSV (*Comma-separated values*) que foi usado em integração com o Google Sheets (2023) para a geração do gráfico. Além disso, o mesmo arquivo foi utilizado em integração com a ferramenta WordArt (2023) para a geração da nuvem de palavras.

Um outro elemento em um processo de revisão da literatura é o resumo e a análise da qualidade dos artigos selecionados. Isso normalmente é feito através da construção de um *check-list* com questões a serem respondidas pelos pesquisadores, após a leitura completa de cada artigo. Também, de acordo com a abordagem aqui proposta, pode-se utilizar o apoio de ferramentas como o ChatPDF (2023) para auxiliar o pesquisador nesse sentido. Para análise da qualidade dos artigos retornados, um conjunto de questões para cada trabalho podem ser respondidas como, por exemplo: (1) se apresenta processo automatizado; (2) se apresenta avaliação dos resultados; (3) se apresenta análise estatística dos resultados. Na Figura 3 é apresentada a submissão de um dos artigos ao ChatPDF, respondendo uma das perguntas indicadas, servindo de apoio ao pesquisador. Tal abordagem é similar para obter outras informações, do artigo, como seu resumo e principais contribuições.

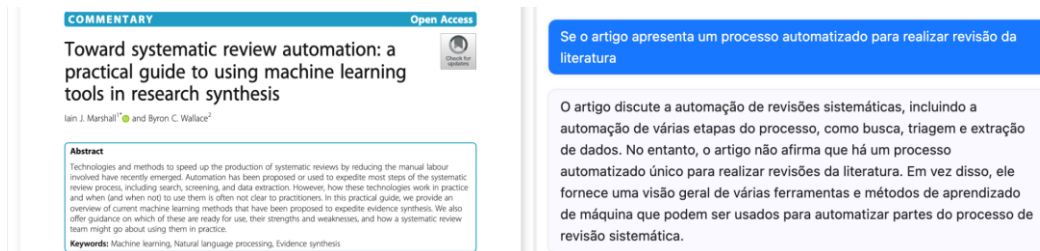


Figura 3. Utilização do ChatPDF no apoio ao pesquisador na análise da qualidade do artigo

Na Tabela 4 são apresentados os resultados do ChatPDF aos artigos identificados através da *string* de busca anteriormente executada. Pode-se observar que, apesar dos artigos apresentarem contribuições importantes para o assunto deste trabalho, nenhum deles apresentou por completo um processo automatizado para apoio a revisões da literatura e, conseqüentemente, não apresentaram avaliações de soluções ou análise estatísticas. Importante ressaltar que tais informações foram confirmadas pelos pesquisadores através da leitura dos artigos.

Tabela 4. Análise da qualidade dos artigos pelo ChatPDF, em apoio ao pesquisador

Referência do artigo	Processo automatizado	Avaliação	Análise estatística
Marshall IJ, Wallace BC (2019)	Não	Não	Não
van Dinter, R., Tekinerdogan, B., & Catal, C. (2021)	Não	Não	Não
Wagner, Gerit & Lukyanenko, Roman & Pare, Guy. (2022)	Não	Não	Não

As atividades descritas neste trabalho são passíveis de automatização de maneira mais ampla, de forma a apoiar mais efetivamente o trabalho de cientistas e pesquisadores. Diversas ferramentas disponíveis auxiliam

neste processo, como a Zapier (2023), cujo processo apresentado neste trabalho foi descrito e apresentado na Figura 4. A ferramenta automatiza ligações entre diversas aplicações, como ChatGPT, GoogleDocs e GoogleSheets. Integração com outras ferramentas podem ser construídas e incorporadas ao processo, acessando diretamente suas APIs (*Application Programming Interface*) ou através da comunicação utilizando arquivos gerados, como os arquivos CSV utilizados neste trabalho.

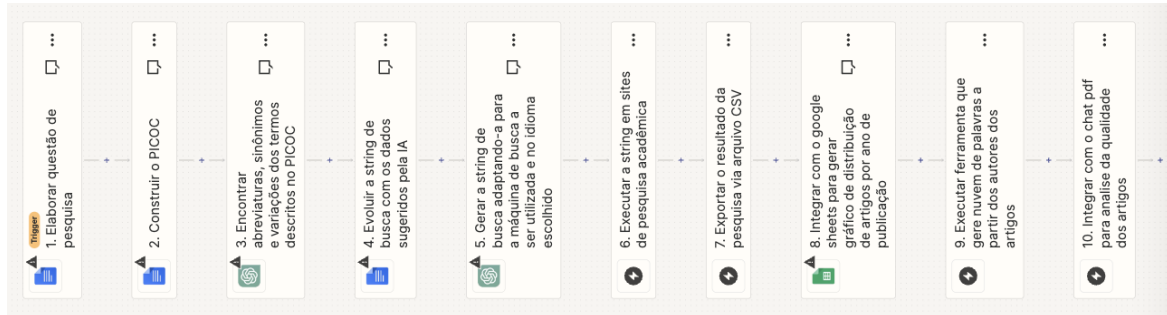


Figura 4. Proposta de automação do processo

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresenta uma abordagem para automação do processo de revisão da literatura, apoiado por inteligência artificial generativa, utilizando ferramentas de integração, de forma a apoiar o trabalho de pesquisadores.

A reflexão que este trabalho desperta é se, efetivamente, essa abordagem pode auxiliar no processo de revisão de literatura em pesquisas científicas, uma área fundamental em qualquer estudo e que usualmente é uma atividade desempenhada manualmente, prioritariamente dependente do raciocínio humano.

Ao automatizar e integrar tarefas repetitivas e demoradas, pesquisadores podem redirecionar seus esforços para análises mais profundas e contribuições originais para o campo científico. Assim, a abordagem aqui apresentada pode ser uma importante ferramenta no apoio ao pesquisador em sua tarefa de realizar novas descobertas.

Como trabalhos futuros, além da avaliação experimental da abordagem proposta, torna-se necessária a integração de *plugins* que permitam a comunicação das diferentes ferramentas citadas neste trabalho com outras disponíveis que já dão suporte a este tipo de atividade.

### REFERÊNCIAS

- ChatGPT. Disponível em: <https://chat.openai.com/>. Acesso em: 20 de agosto de 2023.
- ChatPDF. Disponível em: <https://www.chatpdf.com/>. Acesso em: 20 de agosto de 2023.
- H. Müller, S. Pachnanda, F. Pahl and C. Rosenqvist, "The application of artificial intelligence on different types of literature reviews - A comparative study," 2022 International Conference on Applied Artificial Intelligence (ICAPAI), Halden, Norway, 2022, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICAPAI55158.2022.9801564.
- Kitchenham, B. e Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical Report Tech. Rep. EBSE-2007-01, Keele University, Keele.
- Marshall IJ, Wallace BC. Toward systematic review automation: a practical guide to using machine learning tools in research synthesis. *Syst Rev.* 2019 Jul 11;8(1):163. doi: 10.1186/s13643-019-1074-9. PMID: 31296265; PMCID: PMC6621996.
- van Dinter, R., Tekinerdogan, B., & Catal, C. (2021). Automation of systematic literature reviews: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 136, [106589]. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2021.106589>
- Wagner, Gerit & Lukyanenko, Roman & Pare, Guy. (2022). Artificial intelligence and the conduct of literature reviews. *Journal of Information Technology*. 1-18. 10.1177/02683962211048201.
- WordArt. Disponível em: <https://wordart.com/create>. Acesso em: 20 de agosto de 2023.
- Zapier. Disponível em: <https://zapier.com/app/dashboard>. Acesso em: 20 de agosto de 2023.

# HBIM: UMA SOLUÇÃO COMPUTACIONAL PARA O PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO

Silvana da Rocha Rodrigues e Patrícia Nunes da Silva

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro*

*Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro – RJ – Cep 20550-900, Brasil*

## RESUMO

Influenciados pelos avanços tecnológicos, os arquitetos modernistas, desenvolveram uma teoria que tinha como proposta aproximar a atividade arquitetônica da atividade industrial. Le Corbusier, por exemplo, definia a casa como sendo uma “máquina de morar”. No Brasil, as teorias modernistas, difundidas pela Escola Bauhaus e por Le Corbusier, encontraram na nova geração de arquitetos um terreno fértil para ser colocada em prática. Brasília é o principal símbolo da arquitetura moderna brasileira, mas por todo o país foram produzidos inúmeros exemplares deste estilo. Analisar a forma como a arquitetura moderna foi adaptada ao clima brasileiro e como os arquitetos modernos desenvolveram suas soluções projetuais pode ser uma ferramenta de preservação e divulgação deste estilo. Na área patrimonial, softwares BIM estão sendo utilizados para documentação de edifícios considerados importantes para a arquitetura, através de uma metodologia conhecida como HBIM. Os softwares BIM usam elementos parametrizados, que agilizam a execução do projeto e facilitam a divulgação e produção da documentação. Dentre os softwares BIM, o ArchiCAD permite que novos elementos sejam criados através de programação na linguagem GDL, possibilitando a construção de bibliotecas parametrizadas. Este artigo discute como a metodologia HBIM pode auxiliar na preservação da arquitetura moderna usando como Estudo de Caso o Edifício da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Será apresentado um pequeno histórico da utilização das ferramentas computacionais na arquitetura, a metodologia HBIM e a linguagem de programação GDL. Na introdução, discute-se a importância da arquitetura moderna e como as teorias de Le Corbusier contribuirão na construção da biblioteca parametrizada.

## PALAVRAS-CHAVE

HBIM, GDL, Arquitetura Moderna

## 1. INTRODUÇÃO

Os anos de 1920 foram marcados pela procura de uma identidade nacional para a arquitetura brasileira. Anos mais tarde, com construções emblemáticas, como por exemplo a cidade de Brasília, o Brasil passou a ser uma das referências mundiais para a arquitetura moderna. A teoria utilizada neste estilo arquitetônico foi desenvolvida e difundida pelos acadêmicos da Escola Bauhaus, sendo Walter Gropius seu principal representante, e por Le Corbusier.

Walter Gropius (1883-1969), foi um arquiteto alemão que participou ativamente das discussões que ocorriam na Europa sobre arquitetura, sendo considerado um dos teóricos que já despontavam antes da Primeira Guerra. Segundo Benevolo (2004), a didática utilizada por Walter Gropius na Escola de Bauhaus é responsável por uma mudança na cultura arquitetônica, onde a “instância formal não é mais colocada numa esfera independente capaz de abrigar uma experiência separada, mas é colocada resolutamente na atividade produtiva” (Benevolo, 2004, p. 408). Contemporâneo aos movimentos vindos da Escola Bauhaus, na França, o arquiteto Le Corbusier (1887-1965) estabeleceu sua marca individual na arquitetura atuando como mediador entre o movimento moderno e a tradição francesa, colocando na cultura internacional uma parte dos valores contidos nesta tradição (Benevolo, 2004).

No Brasil, em 1925, inspirado pelos textos de Le Corbusier, o arquiteto Gregori Ilych Warchavchik (1896-1972) publicou um Manifesto da Arquitetura Funcional e em 1928 construiu em São Paulo o que é considerada a primeira casa “modernista” do Brasil. Em 1935, durante o Governo Vargas, foi realizado um concurso para a sede do Ministério da Educação e Saúde (MES), onde vários arquitetos que seguiam as teorias de Le Corbusier participaram, mas nenhum foi o premiado. Gustavo Capanema, ministro da educação,



não gostou do projeto vencedor que apresentava uma arquitetura dentro dos moldes acadêmicos e completamente diferente do que propunha a arquitetura moderna. Capanema decidiu pagar o prêmio ao vencedor do concurso, mas sem executar o projeto. Segundo Martinelli (2006), Capanema criou um grupo para realizar os estudos para o projeto do MES e da Cidade Universitária. Liderados pelo arquiteto moderno Lucio Costa, o grupo de estudo para o MES era composto pelos arquitetos Carlos Leão, Jorge Machado Moreira, Affonso Eduardo Reidy e Oscar Niemeyer. Em 1936, a convite de Costa, Le Corbusier realizou uma série de conferências no Brasil e participou como consultor dos projetos da sede do MES e da Cidade Universitária. Tendo como base as sugestões de Le Corbusier, o projeto do MES foi finalizado em 1937. De acordo com Benevolo (2004), o edifício do MES é o primeiro a ter em seu projeto e execução um tipo de edificação há muito tempo cogitada por Le Corbusier.

Para a Cidade Universitária foram realizados diversos estudos para sua implantação, inclusive por Le Corbusier. O arquiteto modernista Jorge Machado Moreira foi escolhido como arquiteto-chefe do Escritório Técnico da Universidade do Brasil (ETUB) ficando responsável por desenvolver o plano diretor e os projetos arquitetônicos da Cidade Universitária. Moreira teve a oportunidade de conviver com Le Corbusier durante a sua visita ao Brasil e seus projetos demonstram a influência do mestre. Para a Cidade Universitária foram projetados doze edifícios, sendo cinco construídos: o Instituto de Puericultura, a Faculdade de Engenharia, o Hospital Universitário, a Oficina Gráfica e a Faculdade de Arquitetura.

A Faculdade de Arquitetura, atual Edifício Jorge Machado Moreira (JMM), foi premiada na IV Bienal Internacional de São Paulo (1957), tornando-se um importante exemplar da arquitetura moderna brasileira (Cavalcanti, 2001). Moreira era apaixonado pelos detalhes, sendo rigoroso nas medidas dos acabamentos do prédio que deveriam ser totalmente modulados. Discípulo assumido de Le Corbusier, Moreira projetou o edifício com todos os elementos básicos do modernismo. Apesar da clara influência das teorias de Le Corbusier, um estudo mais aprofundado do edifício pode verificar se é possível encontrar algum traço de originalidade que possa ser atribuída a Moreira. Para tal, um modelo utilizando a metodologia HBIM poderia ser utilizado para estudar as soluções arquitetônicas propostas por Moreira e a criação de elementos parametrizados que identificariam sua obra. Através do modelo, também seria possível gerar documentação para comparação do projeto original e do estado atual do edifício. Sendo assim, as próximas seções apresentam os requisitos computacionais utilizados na arquitetura, a metodologia HBIM e a linguagem de programação GDL; por fim, será apresentada a Conclusão.

## 2. REQUISITOS COMPUTACIONAIS NA ARQUITETURA

Segundo Chicca Junior (2007), o uso de computadores para o desenvolvimento de projetos gráficos, iniciou-se em 1962, no Lincoln Laboratory do Massachusetts Institute of Technology (MIT) com o TX-2, criado por Ivan E. Sutherland. A invenção de Sutherland consistia em um terminal gráfico interativo, manipulado por teclado e por uma caneta de luz. Ainda na década de 1960, muitas universidades na Grã-Bretanha, inspiradas pelos estudos de Sutherland, desenvolviam pesquisas para software *Computer-Aided Architectural Design* (CAAD), porém todos relacionados à construção em setores públicos, como hospitais, escolas e moradias.

Os softwares do tipo *Computer Aided Design* (CAD) são editores de desenho e modeladores tridimensionais. Os editores de desenho substituem com grande eficiência os tradicionais desenhos através da sofisticação e precisão com que o usuário pode desenhar. Já os modeladores tridimensionais permitem a construção de modelos 3D que podem ser visualizados por diferentes pontos de observação, possibilitando uma avaliação mais precisa da solução proposta. Os sistemas CAD, quando são utilizados de maneira adequada, reduzem o tempo total de desenvolvimento, eliminando as tarefas repetitivas e tornando mais rápido e preciso o registro de dados e informações. Acrescenta uma maior precisão e incrementa o poder de análise, possibilitando a visualização do objeto de estudo em diferentes vistas estáticas ou animadas.

A apresentação de um projeto através da visualização 3D torna as soluções arquitetônicas mais compreensíveis aos clientes e no caso de obras públicas, ao público. Segundo Neto (2004), a modelagem tridimensional ajuda a visualização e interpretação do objeto projetado. Essa aproximação com a realidade proporciona economia na execução da obra e recursos para a preparação do projeto de *as built*.

Atualmente o sistema mais utilizado na representação gráfica na arquitetura é o BIM (*Building Information Modeling*). O seu princípio básico é a criação digital de um ou mais modelos virtuais de uma

construção, oferecendo suporte ao projeto em todas as fases de vida da edificação. Sua proposta não é apresentar ao usuário uma prancheta virtual que tornará a execução do projeto mais ágil e sim construir virtualmente o edifício e paralelamente gerar a documentação necessária. Neste mesmo contexto, desenvolveu-se a metodologia *Heritage Building Information Modeling* que trata da aplicação do BIM no contexto patrimonial.

## 2.1 HBIM

Assim como em construções novas, edifícios que fazem parte do Patrimônio Arquitetônico também dependem da representação gráfica, tendo nas novas tecnologias uma aliada. As Cartas Patrimoniais escritas a partir do século XX começaram a discutir a importância da documentação digital na preservação do Patrimônio. Na década de 1980 a Declaração de São Paulo (Cartas Patrimoniais, 1989), reconhece as potencialidades das novas tecnologias na preservação do patrimônio e nos anos 2000, a Carta de Londres (Cartas Patrimoniais, 2009) estipulou o que seria necessário para que a visualização computadorizada fosse considerada confiável. Esta carta é considerada atualmente o documento mais importante na área de Patrimônio Cultural e novas tecnologias. Desta forma, no âmbito do Patrimônio, tem-se utilizado um conceito baseado no sistema BIM, o *Heritage Building Information Modeling* (HBIM), que possui como proposta a utilização do BIM na documentação e gestão do Patrimônio Arquitetônico do ponto de vista histórico (Tolentino, 2018).

Tolentino (2018, p. 82) afirma que o HBIM é “a extensão do conceito BIM para as edificações históricas e visa a documentação, a análise e a conservação de edifícios históricos”. Para Tolentino (2018), o HBIM contempla um processo de solução de engenharia reversa, onde a princípio os elementos arquitetônicos são mapeados por varredura a laser ou fotogrametria e em seguida os dados levantados são combinados a objetos paramétricos, gerando desta forma o modelo completo composto pelos detalhes construtivos do objeto.

Muitas das pesquisas relacionadas ao HBIM usam como Estudo de Caso, construções antigas, como, por exemplo, uma igreja do século XVIII no caso da tese de Tolentino (2018), um Oratório do século XI como no artigo de Simeone, Stefano e Acierno (2019) ou um Monumento Cultural do século XIX como no artigo de Palčák et al. (2022). Apesar da arquitetura moderna ser considerada relativamente jovem, ela também precisa ser preservada e discussões a respeito do uso do HBIM na preservação de sua memória já ocorrem. A criação do DOCOMOMO (Comitê internacional para a documentação e preservação de edifícios, sítios e unidades de vizinhanças do Movimento Moderno), nos anos de 1980, iniciou um processo de documentação do moderno que, se não trata de uma questão objetiva de preservação dos edifícios, estabelece um olhar sobre a necessidade do inventário dessa extensa produção (Oksman, 2017).

É sobre o olhar na preservação do Patrimônio Arquitetônico moderno que este artigo discute uma metodologia para a sua documentação. Utilizando o software BIM ArchiCAD, é possível criar ambientes virtuais de projetos da arquitetura moderna, no qual os modelos gerados atendam ao conceito de HBIM. No caso do Edifício JMM, após uma análise do projeto e das regras que o regem, pode-se criar uma biblioteca de elementos parametrizados utilizando a linguagem GDL, tema da próxima seção.

## 2.2 GDL

Segundo Rodríguez (2020), entende-se “desenho paramétrico como a abstração de uma ideia desenvolvida com processos geométricos e matemáticos, permitindo manipular o desenho com maior precisão na procura de resultados ótimos”. No caso do Edifício JMM, os parâmetros serão construídos após análise da geometria proposta por Moreira e que podem conter regras de proporcionalidade, características dos traçados reguladores defendidos por Le Corbusier. As regras matemáticas descobertas após a análise serão parte dos algoritmos, programados em GDL, que farão parte da biblioteca de elementos parametrizados.

*Geometric Description Language* (GDL), é uma linguagem de programação criada pela Graphisoft, desenvolvedora do software BIM ArchiCAD. Seu objetivo é desenvolver elementos paramétricos utilizando a interface do ArchiCAD e é baseada em linhas de código que fornecem instruções de criação e modificação de elementos. A GDL possui todas as informações necessárias para descrever os elementos dos símbolos CAD 2D, modelos 3D e especificar textos a serem utilizados no desenho (O’Keeffe, 2012).

Uma vantagem do uso da GDL é que os objetos criados por esta linguagem podem ser facilmente acessados e gerenciados na Internet, exigindo pouco esforço na sua manutenção. Os elementos GDL podem

ser usados no Macintosh e no Windows, podendo exportar os arquivos para o formato DXF e DWG, compatível com softwares CAD. A GDL é um padrão aberto compatível com IFC, que é a extensão padrão dos softwares BIM, possibilitando que os elementos gerados por esta linguagem de programação sejam lidos em outros softwares, além do ArchiCAD.

### 3. CONCLUSÃO

A arquitetura moderna brasileira possui grande relevância na história da arquitetura mundial. O modernismo tinha como característica, usar formas geométricas puras e traçados reguladores, e ambos são facilmente programáveis. A metodologia HBIM, através de elementos parametrizados, pode ser uma ferramenta importante na documentação e conseqüentemente na preservação da arquitetura moderna brasileira. As pesquisas que estudam o HBIM, demonstram que sua eficiência na documentação dos objetos de estudo, porém poucas mostram como as bibliotecas ou modelos são gerados. Uma abordagem com um olhar mais voltado para a computação pode servir de ferramenta a futuras pesquisas que precisam criar elementos parametrizados e não apenas gerar documentação. O uso de uma linguagem de programação como o GDL, nativo do software BIM ArchiCAD, possibilita a criação de uma biblioteca parametrizada que pode conter regras matemáticas que foram utilizadas propositalmente pelo projetista de uma edificação moderna, auxiliando assim sua divulgação e preservação.

### REFERÊNCIAS

- Benevolo, L., 2004. *História da arquitetura moderna*. São Paulo: Perspectiva.
- Cartas Patrimoniais, 1989. *Declaração de São Paulo*.
- Cartas Patrimoniais, 2009. *Carta de Londres*.
- Cavalcanti, L., 2001. *Quando o Brasil era moderno: guia de arquitetura 1928-1960*. Rio de Janeiro: Aeroplano, 2001.
- Chicca Junior, Natal Anacleto, 2007. *A Realidade Virtual como Ferramenta de Projetos de Sinalização na Aprendizagem da Arquitetura e do Design*. 121f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - FAU, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.
- Martinelli, F. D., 2006. *Entre o concreto e o papel: a memória arquitetônica do palácio Gustavo Capanema*. 222 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - PPG em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.
- Neto, Ruy Alberto de Assis Espinheira, 2004. *Arquitetura Digital: A Realidade Virtual, suas Aplicações e Possibilidades*. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- O’Keeffe, Shawn E., 2012. *Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Istanbul, Turkey, pp. 2328-2333
- Oksman, S., 2017. *Contradições na preservação da Arquitetura Moderna*. 227 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – FAU – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Palčák, M. et al, 2022. *Utilization of 3d digital technologies in the documentation of cultural heritage: A case study of the kunerad mansion (slovakia)*. Applied Sciences, n. 12.
- Rodríguez, Cristian Iglesias, 2020. *Metodología BIM e Industrialización O papel do desenrolo paramétrico na industrialización do sector da construción*. 45f. TFG - Escola Técnica Superior de Arquitectura - Universidade da Coruña.
- Simeone, D.; Stefano, C.; Acierno, M., 2019. *Bim semantic-enrichment for built heritage representation*. Automation in Construction, n. 97, p. 515–519.
- Tolentino, M. M. A., 2018. *A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do Patrimônio Arquitetônico*. 330 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - PPG em Arquitetura e Urbanismo, FAU – Universidade da Bahia, Rio de Janeiro.

# DETECCIÓN DE CÚMULOS ESTELARES EN GALAXIAS CERCANAS UTILIZANDO TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING Y ALGORITMOS DE APLICACIÓN EN REDES SOCIALES

Martin Casatti<sup>1</sup>, Marcelo Marciszack<sup>1</sup> y Carlos Feinstein<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Argentina

<sup>2</sup>Universidad Nacional de La Plata, Argentina

## RESUMEN

El presente trabajo expone la hipótesis de trabajo y las actividades en desarrollo de una tesis de doctorado que busca demostrar la viabilidad de la utilización de técnicas de reconocimiento de comunidades en redes sociales pero aplicadas a la detección de clusters estelares en galaxias cercanas. El trabajo expone las condiciones actuales, que dan surgimiento a la necesidad del uso de técnicas de detección automatizada, describe los ámbitos bajo estudio y plantea la hipótesis de trabajo así como las tareas a desarrollar para la consecución del objetivo general de la tesis.

## PALABRAS CLAVE

Reconocimiento, Patrones, Astronomía, Redes Sociales, Machine Learning

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enmarca en el desarrollo de una tesis doctoral, llevada adelante en forma conjunta por el Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Sistemas, de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, con el Instituto de Astrofísica de la Universidad Nacional de La Plata y cuyo objetivo principal es lograr la detección de cúmulos estelares en galaxias cercanas utilizando algoritmos de redes sociales y técnicas de Machine Learning.

Las agrupaciones estelares, también denominados cúmulos o clusters, han sido objetos reconocidos desde hace tiempo como laboratorios importantes para la investigación astrofísica, siendo muy útiles en varios aspectos, entre los que se pueden destacar los siguientes:

- Contienen muestras estadísticamente significativas de estrellas de aproximadamente la misma edad, con composiciones químicas similares, un amplio rango de masas estelares y localizadas en un volumen relativamente pequeño del espacio, haciéndolas un conjunto ideal para el análisis de características comunes y determinación de los patrones que rigen su surgimiento (Klessen y Burkert, 2000).
- En relación con el proceso de formación estelar, los cúmulos jóvenes permiten esclarecer la forma y las escalas de tiempo en las que estos mecanismos están activos, así como también permiten analizar su dependencia de los distintos ambientes interestelares de la Vía Láctea o de otras galaxias (Fall y Chandar, 2012).

## 2. DESARROLLO

En la actualidad existe una gran cantidad de información de las galaxias cercanas (a varios Mpc<sup>a</sup>) debido, en gran parte, a que el Telescopio Espacial Hubble (HST) ha permitido obtener datos con alta resolución espacial utilizando varias cámaras de campo amplio (WFPC2; ACS) (Dalcanton et al., 2009).

Se cuenta con una enorme cantidad de datos proveniente de las varias observaciones continuas que se están realizando y que se proyectan realizar en modo “survey”<sup>b</sup> (p.e. VVV<sup>c</sup> o LSST<sup>d</sup>) que necesitan ser estudiados con métodos automáticos.

En este ámbito, los algoritmos de reconocimiento automático de patrones, están teniendo una importante revisión y desarrollo tal como se puede apreciar en el análisis comparativo de Schmeja (2011) (Schmeja, 2011).

En otros ámbitos científicos se han aplicado con éxito diversos algoritmos de clustering, como por ejemplo “K-mean”, “Birch”, “Spectral Clustering”, “DbSCAN”, etc. (Rodríguez et al., 2019)

Por otra parte, el auge que tiene desde hace algunos años el análisis de redes sociales nos ha brindado otro amplio campo de estudios en el que se pueden apreciar algunos de los atributos que son comunes al problema de la detección de cúmulos estelares, como por ejemplo:

- En el ámbito de las redes sociales también se cuenta con una gran cantidad de datos.
- Existe un conjunto de relaciones no evidentes entre los mismos y
- Un nutrido grupo de atributos analizables a fin de guiar la detección de patrones.

La estructura inherente de dichas redes es la de un grafo, sobre el que se puede realizar multitud de análisis sustentados por la Teoría de Grafos (West, 2001). Diversos estudios, tanto de la topología de dichas redes (Barnes y Harary, 1983) como de las características que presentan sus participantes, brindan un fértil campo para el estudio de algoritmos de detección de patrones estructurales, muchos de ellos asistidos por técnicas de Machine Learning (Alharbi y Alsubhi, 2021). Algoritmos como los de “detección de comunidades” (Wang et al., 2015), “detección de anomalías” (Kaur y Singh, 2016), “determinación de subredes similares”, “clustering dinámico” (Boccaletti et al., 2007) y “predicción de enlaces más probables” (Kushwah y Manjhar, 2016), son un ámbito en donde las técnicas de aprendizaje supervisado está encontrando cada vez más aplicaciones.

Existen actualmente estudios comparativos de diversos algoritmos de detección de comunidades en redes (Lancichinetti y Fortunato, 2009) que presentan resultados prometedores para su aplicación, o las de sus derivados, en ámbitos diferentes.

La puesta en funcionamiento de instrumentos de observación astronómica cada vez más potentes, durante los últimos 50 años, ha dado lugar a un crecimiento exponencial de la cantidad de objetos detectados, los que requieren análisis y estudio.

Sin ir demasiado lejos, el recientemente lanzado telescopio James Webb produce casi 60 Gigabytes de información al día, la cual no puede ser almacenada de manera local y debe ser transmitida de inmediato al centro de control de misión (All Quick Facts 2023), mientras que el proyecto “Legacy Survey of Space and Time” (Rubin/LSST), basado en el observatorio Vera C. Rubin<sup>e</sup>, en Chile, se estima que producirá 20 TB (terabytes) de información cada noche, durante una vida útil de al menos 10 años (Telescope, 2021).

Estos volúmenes de datos hacen que sea imprescindible la utilización de mecanismos automáticos para su análisis.

La tesis postula que:

La aplicación de técnicas de machine learning para el entrenamiento de algoritmos inteligentes posibilitará que los algoritmos de detección y caracterización de comunidades en redes sociales, puedan detectar agrupaciones estelares, a partir del correspondiente cambio en los atributos descriptivos y estructurales, de acuerdo al nuevo ámbito de aplicación.

<sup>a</sup> Megaparsec, medida de distancia, aproximadamente 3.26 millones de años luz

<sup>b</sup> Técnica que consiste en realizar un mapeo sistemático de una porción determinada de la esfera celeste sin concentrarse de manera puntual en ningún objeto

<sup>c</sup> <https://vvvsurvey.org>

<sup>d</sup> <https://www.lsst.org/>

<sup>e</sup> <https://rubinobs.org/>

Para ellos se analizarán tanto las técnicas actuales de reconocimiento de agrupaciones estelares, como técnicas actuales para reconocimiento de comunidades en redes sociales. Se prevé construir un entorno de pruebas, basado en datos del repositorio GAIA<sup>f</sup> o similar (ESO<sup>g</sup>, NASA<sup>h</sup>, etc.), sobre el cual se realizará la aplicación de un algoritmo de detección de comunidades originalmente diseñado para redes sociales, y se analizará el resultado obtenido de su aplicación sobre un dominio astronómico, a fin de validar conceptualmente la propuesta de trabajo.

Por otra parte se realizará un análisis de sets de datos de redes sociales, descargados de repositorios como el Stanford Large Network Dataset Collection<sup>i</sup> o el Network Data Repository<sup>j</sup>, en base al cual se determinarán los atributos entrenables por medio de técnicas de machine learning y los mismos se extrapolarán a sets de datos astronómicos.

Por último se modelará y entrenará un mecanismo de machine learning con los atributos astronómicos, ya sean mediciones reales o sus equivalentes simulados, utilizando las librerías más populares y probadas en la actualidad, como Tensor Flow, PyTorch, SciKit-Learn o Keras, para determinar la eficacia en la detección de clusters. Este modelo se pondrá a prueba, mediante su aplicación a los datos de GAIA previamente mencionados, y se analizará la eficacia y precisión de la detección de cúmulos estelares que se hubiera alcanzado.

## REFERENCIAS

- Alharbi, A. y Alsubhi, K. (2021). «Botnet detection approach using graph-based machine learning». En: IEEE Access 9, págs. 99166-99180.
- All Quick Facts (feb. de 2023). [Online; accessed 4. Feb. 2023]. url: <https://webbtelescope.org/quick-facts/all-quick-facts>.
- Barnes, J. A. y Harary, F. (1983). «Graph theory in network analysis». En: Social networks 5.2, págs. 235-244.
- Boccaletti, S. et al. (2007). «Detecting complex network modularity by dynamical clustering». En: Physical Review E 75.4, pág. 045102.
- Dalcanton, J. J. et al. (2009). «The ACS nearby galaxy survey treasury». En: The Astrophysical Journal Supplement Series 183.1, pág. 67.
- Fall, S. M. y Chandar, R. (2012). «Similarities in populations of star clusters». En: The Astrophysical Journal 752.2, pág. 96.
- Kaur, R. & Singh, S. (2016). «A survey of data mining and social network analysis based anomaly detection techniques». En: Egyptian informatics journal 17.2, págs. 199-216.
- Klessen, R. S. y Burkert, A. (2000). «The Formation of Stellar Clusters: Gaussian Cloud Conditions. I.» En: The Astrophysical Journal Supplement Series 128.1, pág. 287.
- Kushwah, A. K. S. y Manjhar, A. K. (2016). «A review on link prediction in social network». En: International Journal of Grid and Distributed Computing 9.2, págs. 43-50.
- Lancichinetti, A. y Fortunato, S. (nov. de 2009). «Community detection algorithms: A comparative analysis». En: Phys. Rev. E 80 (5), pág. 056117. doi: 10.1103/PhysRevE.80.056117. url: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.80.056117>.
- Rodriguez, M. Z. et al. (2019). «Clustering algorithms: A comparative approach». En: PLoS ONE 14(1): e0210236.
- Schmeja, S. (2011). «Identifying star clusters in a field: A comparison of different algorithms». En: Astronomische Nachrichten 332.2, págs. 172-184.
- Telescope, Large Synoptic Survey (jul. de 2021). «Key Numbers». En: Rubin Observatory. url: <https://www.lsst.org/scientists/keynumbers>.
- Wang, C. et al. (2015). «Review on community detection algorithms in social networks». En: 2015 IEEE international conference on progress in informatics and computing (PIC). IEEE, págs. 551-555.
- West, D. B. (2001). Introduction to graph theory. 2nd Edition, Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River.

<sup>f</sup><https://gea.esac.esa.int/archive/>

<sup>g</sup><http://archive.eso.org/cms.html>

<sup>h</sup><https://nssdc.gsfc.nasa.gov/astro/>

<sup>i</sup><https://snap.stanford.edu/data/>

<sup>j</sup><https://networkrepository.com/soc.php>



# ÍNDICE DE AUTOR

Albuquerque, E. ....	131	Ferreira, V. ....	147
Albuquerque, R. ....	11, 19	Furtado, P. ....	141
Almeida, L. ....	131	Garcez, C. ....	35
Alves, G. ....	11	Gibertoni, D. ....	111
Amvame Nze, G. ....	27, 43, 131	Gomes, N. ....	155
Aranda, A. ....	11	Gonçalves, F. ....	58
Araújo, J. ....	163	Hoerlle, T. ....	11
Araújo, M. A. P. ....	163	Kampke, E. ....	3
Araújo, M. C. ....	163	Lavoura, M. ....	93
Arraes, J. ....	69	Liu, S. ....	151
Bandeira, A. ....	27	Lucas, T. ....	51
Baranauskas, M. ....	58	Marciszack, M. ....	171
Beckman, M. ....	103	Marques, G. ....	35, 119
Bezerra, A. ....	43, 69	Medeiros, M. ....	43
Bezerra, E. ....	141	Metrólho, J. ....	77
Bezerra, K. ....	69	Neumann, C. ....	27
Boente, A. ....	147	Novak, L. ....	147
Boente, K. ....	147	Parente, R. ....	11
Borges, L. ....	141	Praciano, B. ....	35, 103
Bravim, L. ....	155	Praciano, F. ....	11
Caldas, E. ....	119	Prado, A. ....	58
Camará, A. ....	77	Ramchandani, A. ....	141
Canedo, E. ....	19, 35, 103, 131	Rego, I. ....	151
Cantelli, G. ....	51	Reyes Vera, J. ....	136
Casatti, M. ....	171	Ribeiro, F. ....	77
Costa, A. ....	69	Rocha Filho, G. ....	103
Cruz, D. ....	93	Rocha, M. ....	3
da Costa, K. ....	51	Rodrigues, J. ....	51
da Silva, D. ....	27, 43, 85, 155	Rodrigues, S. ....	167
da Silva, P. ....	167	Rodriguez Carrillo, P. ....	136
de Albuquerque, R. ....	85	Serrano, A. ....	27, 103
de Alcantara, L. ....	69	Tabosa, D. ....	155
de Andrade, A. ....	85	Valencia Cordoba, F. ....	136
de Caldas Filho, F. ....	19, 35, 131	Veiga, C. ....	85, 155
de Deus, F. ....	119	Vieira, H. ....	131
de Mendonça, F. ....	19, 27, 35, 69, 85, 119, 155	Xavier, C. ....	151
de Menezes, T. ....	141		
de Oliveira, D. ....	119		
de Oliveira, H. ....	93		
de Oliveira, W. ....	141		
de Sousa Júnior, R. ....	19, 85, 119		
Dias, B. ....	19		
dos Santos, D. ....	43		
dos Santos, F. ....	51		
dos Santos, P. ....	43		
dos Santos, V. ....	103		
Feinstein, C. ....	171		
Ferreira, M. ....	19		