



ISSN: 1646-9895

Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação  
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

A g o s t o 2 5 • A u g u s t 2 5



©RISTI 2025 <http://www.risti.xyz>

Nº E77

## **Edição / Edition**

N.º E77, 08/2025

**ISSN:** 1646-9895

## **Indexação / Indexing**

Academic Journals Database, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, GALE, Google Scholar, IndexCopernicus, Information Systems Journal, Latindex, ProQuest, QUALIS, SciELO, SIS, Ulrich's

## **Publicação / Publication**

RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação  
Pc. 9 de Abril, nº 26, 4200-422 Porto, Portugal

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

**Director**

Álvaro Rocha, ISEG, University of Lisbon, PT

Contact: aistic@gmail.com

**Coordenadores da Edição / Issue Coordinators**

Ashok Vaseashta, International Clean Water Institute, USA

**Conselho Editorial / Editorial Board**

Abel Méndez, Technological Institute of Costa Rica, CR

Alejandro Peña, EAFIT University, CO

Alma Gomez-Rodríguez, University of Vigo, ES

Ana Rita Calvao, ESTGA, University of Aveiro, PT

Ania Cravero, Universidad de La Frontera, CL

António Abreu Silva, ISCAP, Polytechnic Institute of Porto, PT

Antonio Garcia, University of Santiago de Compostela, ES

António Godinho, ISEC, Polytechnic Institute of Coimbra, PT

Antonio Jiménez-Martín, Polytechnic University of Madrid, ES

Arturo J. Méndez, University of Vigo, ES

August Climent, Ramon LLull University, ES

Beatriz Rodríguez, Universidad de la Republica, UY

Borja Bordel, Polytechnic University of Madrid, ES

Brenda L. Flores-Rios, Universidad Autónoma de Baja California, MX

Bruno Miguel Ferreira Gonçalves, Polytechnic Institute of Braganca, PT

Carlos Alexandre Silva, Federal Institute of Minas Gerais, BR

Carlos Carreto, Polytechnic Institute of Guarda, PT

Carlos Moraes, Polytechnic Institute of Braganza, PT

Carlos Rompante Cunha, UNIAG & CeDRI &  
Polytechnic Institute Bragança, PT

Carlos Vaz de Carvalho, Polytechnic Institute of Porto, PT

Célio Marques, Polytechnic Institute of Tomar, PT

Ciro Martins, University of Algarve, PT

Concepción Damián-Hernández, Instituto Tecnológico  
Superior de Misantla, MX

Cristina Caridade, Polytechnic Institute of Coimbra, PT  
Daniel Poland, University of Aveiro, PT  
Dante Carrizo, University of Atacama, CL  
Edwin Cedeño Herrera, Universidad de Panamá, PA  
Fabio Marques, ESTGA, University of Aveiro, PT  
Felipe Vasquez, Universidad de La Frontera, CL  
Fernando Moreira, REMIT, IJP, Portucalense University &  
IEETA, University of Aveiro, PT  
Fernando Paulo Belfo, Coimbra Business School –  
ISCAC, Polytechnic Institute of Coimbra, PT  
Fernando Ribeiro, Polytechnic Institute of Castelo Branco, PT  
Fernando Bandeira, PT  
Filipe Cardoso, Polytechnic Institute of Viseu, PT  
Flor Gomes de María Sánchez Aguirre, Universidad César Vallejo, PE  
Francisco Javier Lena-Acebo, University of Cantabria, ES  
Gabriel Guerrero-Contreras, University of Cádiz, ES  
Gerardo González Filgueira, University of A Coruña, ES  
Gloria Valencia, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC  
Helder Gomes, University of Aveiro, PT  
Helder Zagalo, University of Aveiro, PT  
Hélia Guerra, University of the Azores, PT  
Henrique Gil, Polytechnic Institute of Castelo Branco, PT  
Henrique S. Mamede, Open University, Portugal  
Inês Domingues, ISEC, Polytechnic Institute of Coimbra, PT  
Isaias Bianchi, Federal University of Santa Catarina, BR  
Ismael Etxeberria-Agiriano, Universidad del País Vasco, ES  
Ivan Garcia, Universidad Tecnológica de la Mixteca, MX  
Jeimy Cano, Universidad de los Andes, CO  
John Emilio Almeida, ISTECH - Porto, PT  
João Paulo Ferreira, Polytechnic Institute of Coimbra, PT  
Roberto de Toledo Quadros, CEFET/RJ, BR  
Joao Tavares, University of Porto, PT  
Joaquim Reis, ISCTE - University Institute of Lisbon, PT



Jorge Eduardo Ibarra Esque, Universidad  
 Autónoma de Baja California, MX  
 Jorge Hochstetter, Universidad de La Frontera, CL  
 José Álvarez-García, University of Extremadura, ES  
 Jose Felipe Cocon Juarez, Universidad Autónoma del Carmen, MX  
 José Lousado, Polytechnic Institute of Viseu, PT  
 José Luis Pastrana Brincones, University of Malaga, ES  
 Jose M. Molina, Carlos III University of Madrid, ES  
 José Ribeiro, Polytechnic of Leiria, PT  
 Jose Silvestre Silva, Military Academy, PT  
 Juan Angel Contreras Vas, University of Extremadura, ES  
 Juan M. Santos-Gago, University of Vigo, ES  
 Juan Pablo DAMato, National University of the  
 Center of the Province of Buenos Aires, AR  
 Leila Weitzel, Fluminense Federal University, BR  
 Leonardo Bermón Angarita, National University of Colombia, CO  
 Lilia Muñoz, Universidad Tecnológica de Panamá, PA  
 Lucila Romero, Universidad Nacional del Litoral, AR  
 Luis Alvarez Sabucedo, University of Vigo, ES  
 Luis Enrique Sánchez Crespo, University of Castilla-la Mancha, ES  
 Luisa María Romero-Moreno, Universidad Sevilla, ES  
 Luz María Hernández Cruz, Universidad Autónoma de Campeche, MX  
 Luz Sussy Bayona Oré, Universidad Nacional Mayor de San Carlos, PE  
 Marcelo Marciszack, National Technological University, AR  
 Marcelo Zambrano Vizuite, Universidad Tecnica Del Norte  
 Marco Painho, NOVA IMS, PT  
 Margarita Ramirez Ramirez, Universidad  
 Autónoma de Baja California, MX  
 Maria Cristina Marcelino Bento, UNIFATEA, BR  
 María de la Cruz del Río-Rama, University of Vigo, ES  
 Maria de los Milagros Gutierrez, National Technological University, AR  
 Maria do Rosario Bernardo, Open University, PT  
 Maria João Ferreira, Portucalense University, PT

Maria João Gomes, University of Minho, PT  
Maria Sousa, ISCTE - University Institute of Lisbon, PT  
Marisol B. Correia, ESGHT - University of Algarve & CiTUR, PT  
Maristela Holanda, University of Brasilia, BR  
Martin Llamas Nistal, University of Vigo, ES  
Miguel Casquilho, University of Lisbon, PT  
Miguel Ramón González Castro, Aimen Technological Center, ES  
Mirna Ariadna Muñoz Mata, CIMAT, MX  
Nelson Rocha, University of Aveiro, PT  
Nuno Melão, Polytechnic Institute of Viseu, PT  
Nuno Ribeiro, Fernando Pessoa University, Portugal  
Patricia Dias, State University of Minas Gerais, BR  
Paula Prata, University of Beira Interior, PT  
Paulo Martins, University of Trás-os-Montes and Alto Douro, PT  
Paulo Pinto, New University of Lisbon, PT  
Paulo Rurato, Fernando Pessoa University, Portugal  
Pedro Araújo, University of Beira Interior, PT  
Pedro R. Palos-Sanchez, Universidad de Sevilla, ES  
Pedro Sanz-Angulo, University of Valladolid, ES  
Pedro Sobral, Fernando Pessoa University, Portugal  
Pedro Sousa, University of Minho, Portugal  
René Faruk Garzozzi-Pincay, Santa Elena Peninsula State University, EC  
Ruben Pereira, ISCTE – University Institute of Lisbon, PT  
Rui Pedro Marques, University of Aveiro, PT  
Rui Silva Moreira, Fernando Pessoa University, PT  
Samuel Sepúlveda, Universidad de La Frontera, CL  
Sandro Carvalho, Polytechnic of Cávado and Ave, PT  
Santiago Raul Gonzales Sanches, Universidad Cesar Vallejo, PE  
Sara Balderas-Díaz, University of Cádiz, ES  
Sergio Araya Guzmán, Universidad del Bío-Bío, CL  
Sergio F. Lopes, University of Minho, PT  
Solange N Alves-Souza, University of Sao Paulo, BR  
Telmo Silva, DigiMedia, University of Aveiro, PT

Thiago Dias, Federal Center for Technological  
Education of Minas Gerais, BR

Veronica Vasconcelos, Polytechnic Institute of Coimbra, PT

Vítor Carvalho, Polytechnic Institute of Cávado and Ave, PT

Vitor Santos, New University of Lisbon - NOVA IMS, PT

Wagner Tanaka Botelho, Federal University of ABC, BR

Yamid Hernández Julio, Universidad del Sinú, CO



# Índice / Index

## ARTIGOS / ARTICLES

|                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Modelo de Fusión de Datos JDL Orientado al Soporte de Decisión en Compañías de Servicio de Instalaciones Eléctricas .....                                             | 1  |
| <i>Miguel A. Becerra, Eduardo Duque-Grisales, Cristian Mejía-Arboleda, Leonardo Serna-Guarín, Erika Londoño-Montoya</i>                                               |    |
| Un Modelo de Componentes para la Evaluación de Riesgos de Ciberseguridad en Instituciones Públicas .....                                                              | 11 |
| <i>Manuel Tupia</i>                                                                                                                                                   |    |
| Proposta de Controles de Segurança Prioritários Contra-ataques em Redes Locais com Dispositivos Compactos .....                                                       | 28 |
| <i>Paulo Victor de Araújo da Silva, Georges Daniel Amvame Nze, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça, André Luiz Marques Serrano, Daniel Alves da Silva, Edna Dias Canedo</i> |    |
| Monedas virtuales hacia la conciencia ambiental en la Universidad Central del Ecuador .....                                                                           | 44 |
| <i>Morales Morales Mario, Morales Cardoso Santiago, Alpala Calapaqui Junior, Toscano Vizcaíno Silvio, Buenanio Armas Carlos, Cervantes Ávila Iván</i>                 |    |
| Tomada de Decisão em Segurança Cibernética: Modelo para Identificação de Joias da Coroa .....                                                                         | 60 |
| <i>Edvan Gomes da Silva, Marcus Aurélio Carvalho Georg, Luiz Antônio Ribeiro Júnior, Leonardo Rodrigo Ferreira, Rafael Rabelo Nunes</i>                               |    |
| Revisão Sistemática sobre Frameworks de Modelagem de Ameaças em Segurança Cibernética .....                                                                           | 74 |
| <i>Edvan Gomes da Silva, Fernando Rocha Moreira, Georges Daniel Anvame Nze, João José Costa Gondim, Rafael Rabelo Nunes</i>                                           |    |
| Seguridad Ciudadana desde un enfoque de Género e Interculturalidad como un Asunto de Derechos Humanos .....                                                           | 88 |
| <i>Magdalena Maribel Hermoza Vinueza, Hugo Bayardo Santacruz, Paola Tatiana Vaca H</i>                                                                                |    |

|                                                                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Detecção de Prompt Injection em modelos de Linguagem .....                                                                                                                                 | 104 |
| <i>Júlia Jamile Oliveira Gonçalves, Thiago Lotufo, Dr. Georges Daniel Amvame Nze,<br/>Dr. Fábio Lopes de Mendonça</i>                                                                      |     |
| PREVE_pet - Automatização da Classificação de<br>Textos Jurídicos: Desenvolvimento de um Sistema<br>Baseado em Modelos de Inteligência Artificial para a PGFN .....                        | 117 |
| <i>Bruno Justino Garcia Praciano, Fábio L. L. de Mendonça,<br/>Thiago Leite de Sousa, Flávio Garcia Praciano,<br/>Geraldo P. Rocha Filho, Laerte Peota de Melo</i>                         |     |
| Estratégias de Gestão de Tecnologia para Transformação de<br>Dados em Decisões Integrando Data Science e Business Intelligence.....                                                        | 132 |
| <i>Wellington Domingues Neves, Robson de Oliveira Albuquerque,<br/>Ana Paula Bernardi da Silva, Flávio Garcia Praciano,<br/>Fábio Lúcio Lopes de Mendonça, Georges Daniel Amvame Nze</i>   |     |
| Previsão Inteligente de Gastos Governamentais:<br>Proposta de uma Arquitetura Baseada em Aprendizado de<br>Máquina para Eficiência e Transparência.....                                    | 146 |
| <i>Kelly Santos De Oliveira, Felipe Barreto de Oliveira, Valerio Aymoré Martins,<br/>Vinícius Coutinho Guimarães Coelho, Georges Daniel Amvame Nze,<br/>Fábio Lúcio Lopes de Mendonça.</i> |     |
| Mitigação de Ataques DDoS em Redes IoT com Aprendizado Federado .....                                                                                                                      | 160 |
| <i>Mateus Flach Romani, João Kleber M. dos Santos, Gabriel Filipe de O. Cardoso,<br/>Giovani B. O. Viana, Francisco L. de Caldas Filho, Fábio L. L. de Mendonça</i>                        |     |
| Diseño de una aplicación informática para el análisis de<br>la huella de carbono en Instituciones de Educación Superior .....                                                              | 173 |
| <i>Betsy Mary Estrada Perea, Érica Alexandra Correa Pérez,<br/>Víctor Ignacio López-Ríos, Álvaro Arango de Jesús Arango Ruiz,<br/>Kevin Andrés Bedoya Sánchez</i>                          |     |
| La participación de las unidades de la escuadra naval en<br>operaciones multinacionales ejecutadas en Ecuador .....                                                                        | 186 |
| <i>Sonia María Barragán Lucas, Wendy Esthela Wasbrum Tinoco,<br/>Margarita del Rocío Palma Samaniego, Victor Danilo Lazo Alvarado</i>                                                      |     |
| STAR-Prompting: Sistema Estruturado de Prompts<br>através do método STAR aplicados para a Defesa e Segurança .....                                                                         | 200 |
| <i>Clendson Domingos Gonçalves, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça,<br/>Edna Dias Canedo, Robson de Oliveira Albuquerque,<br/>Georges Daniel Amvame Nze, Daniel Alves da Silva</i>              |     |

|                                                                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Modelos matemáticos para la gestión de inventarios<br>basados en ecuaciones diferenciales: revisión teórica y<br>su aplicación en almacenamiento de material aeronáutico .....                                            | 213 |
| <i>Margarita del Rocío Palma Samaniego, Flor Emperatriz Garcés Mancero,<br/>Jacqueline del Pilar López Miranda, Fernanda Elizabeth Sánchez Cuadrado</i>                                                                   |     |
| Modelado estadístico de los hábitos de gasto estudiantil<br>mediante análisis de correlación y regresión lineal: Caso de la<br>universidad de fuerzas armadas ESPE en la Unidad<br>Académica Especial Salinas ESSUNA..... | 228 |
| <i>Margarita del Rocío Palma Samaniego,<br/>Leopoldo Rafael Burgos Rea,<br/>Wendy Esthela Wasbrun Tinoco,<br/>Andrea Carolina Bolaños Gómez</i>                                                                           |     |
| Innovación social a través de las tecnologías de la información y<br>la comunicación desde el enfoque del Design Thinking.....                                                                                            | 241 |
| <i>Jarillo Dávila Galilea, Margarita Ramírez Ramírez,<br/>Hilda Beatriz Ramírez Moreno, Fernando Christian Gandarilla Carrillo</i>                                                                                        |     |
| Uso de la Televisión Digital Interactiva para la<br>Practica de Ejercicios en Adultos Mayores como<br>Prevención del Riesgo de Caídas y Mejora en la Composición Corporal .....                                           | 252 |
| <i>María Magdalena Rosado-Álvarez, Ruth Adriana Yaguachi-Alarcón,<br/>Carlos Luis Poveda-Loor, Álvaro Diego Espinoza-Burgos,<br/>María José Abásolo, Telmo Silva</i>                                                      |     |
| Realidad aumentada y educación inclusiva para<br>la comunidad sorda: Una revisión sistemática .....                                                                                                                       | 263 |
| <i>Rita Valenzuela-Romero, Miryam Vera-Alcázar , Florencia Herrera-Córdova</i>                                                                                                                                            |     |
| Um modelo de Gerenciamento de Infraestrutura de T.I. para<br>Administração Pública Municipal baseado no framework ITIL 4 .....                                                                                            | 275 |
| <i>Moisés de Sousa Galian, Samuel Domiciano Tereza, Vanessa Tavares<br/>de Oliveira Barros, Rodolfo Miranda de Barros</i>                                                                                                 |     |
| <i>People Analytics: Otimizando a alocação de talentos<br/>através do alinhamento as habilidades e interesses dos<br/>funcionários com as necessidades da organização .....</i>                                           | 289 |
| <i>Stênio S. Silva, João J. C. Gondim, Mauricio R. Lyra, Igor R. S. Simões,<br/>Kaius P. Correa</i>                                                                                                                       |     |

|                                                                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ferramentas de Gerenciamento de Projeto e suas Interfaces Gráficas.....                                                                                                                       | 302 |
| <i>Marcos Vinícius de Souza Toledo, Fernando Kiffer de Souza Toledo</i>                                                                                                                       |     |
| Desigualdade de gênero na Olimpíada Brasileira de<br>Informática: uma análise quantitativa da última década.....                                                                              | 314 |
| <i>Anna Silva, Maria Laura Soares, Larissa Coelho, Laércio Brito,<br/>Fábio Paschoal Júnior, Gustavo Guedes</i>                                                                               |     |
| Análisis de ventas utilizando grafos.....                                                                                                                                                     | 327 |
| <i>Luis Javier Ulloa Meneses, Franklim Andrés Carrasco Ramírez,<br/>Rodolfo Sirilo Córdova Gálvez, Fausto Ernesto Orozco Iguasnia,<br/>Olga Paola Lima Armijos</i>                            |     |
| Método de coleta de dados governamentais com uso de<br>técnicas de OSINT e processamento de linguagem natural .....                                                                           | 342 |
| <i>Natália Andrade Marques, Bruna Maria de Andrade Augustinho,<br/>Daniel Alves da Silva, Georges Daniel Amvame Nze,<br/>Fábio Lúcio Lopes de Mendonça, Robson de Oliveira Albuquerque</i>    |     |
| Aplicación de un Entorno Virtual de Aprendizaje con<br>enfoque en Cápsulas Educativas en estudiantes de bachillerato<br>para el fortalecimiento de la capacidad analítica en Matemática ..... | 357 |
| <i>Líder Euclides Zambrano Zambrano, Fausto Leonidas Heredia Pilco,<br/>Valeria Geovanna Montaguano Asimbaya, Félix Bravo Faytong,<br/>Julia Orlenda Robinson Aguirre</i>                     |     |
| Inteligencia artificial en salones de clase en universidades mexicanas .....                                                                                                                  | 367 |
| <i>Rodolfo Alan Martínez Rodríguez, Sergio Ramses Razo Pelatos,<br/>Yéssica Sandybel Garduño Espinoza, Román Lizárraga Benítez</i>                                                            |     |





# Modelo de Fusión de Datos JDL Orientado al Soporte de Decisión en Compañías de Servicio de Instalaciones Eléctricas

Miguel A. Becerra<sup>1</sup>, Eduardo Duque-Grisales<sup>1,2</sup>, Cristian Mejía-Arboleda<sup>3</sup>,  
Leonardo Serna-Guarín<sup>3</sup>, Erika Londoño-Montoya<sup>4</sup>

miguel.becerra@pascualbravo.edu.co; decanatura.feem@esumer.edu.co;  
medixina@gmail.com; lserna@itm.edu.co; elondono77@hotmail.com

<sup>1</sup> Institución Universitaria Pascual Bravo, 050042, Medellín, Colombia.

<sup>2</sup> Institución Universitaria Esumer, 050042, Medellín, Colombia

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico Metropolitano, 050042, Medellín, Colombia

<sup>4</sup> Elite Ingenieros SAS, 050041, Medellín, Colombia

**Pages: 1-10**

**Resumen:** En este estudio se propone un modelo de fusión de datos basado en el modelo JDL (Joint Directors of Laboratories) para el procesamiento de los datos en empresas de prestación de servicios de instalaciones eléctricas. El modelo propuesto permite integrar múltiples fuentes de datos para mejorar la eficiencia operativa, financiera y optimizar la toma de decisiones estratégicas. En este estudio se integran datos administrativos, financieros y operativos. Adicionalmente, considera diferentes tipos de KPI donde se analizan elementos de seguridad personal, transporte, variables de rendimiento operativo y financiero y múltiples variables de contexto que afectan el desarrollo de los proyectos. Este modelo consta de 5 niveles: en el primer nivel se realiza el preprocesamiento de los datos y la fusión de datos en bruto. En el segundo nivel se realiza predicción de diferentes variables tanto financieras como operativas. En el nivel 2 se realiza la valoración de la situación donde se establece un rango para su valoración que permite a los tomadores de decisiones determinar cómo se encuentran ubicados frente al contexto y al desarrollo de los proyectos. En el nivel 3 se realiza la valoración del riesgo lo cual permite a los tomadores de decisiones identificar diferentes tipos de riesgos bajo diferentes escenarios para soportar la toma de decisiones bajo consideraciones tanto financieras como operativas. La funcionalidad del modelo propuesto es validada demostrando su alcance y limitaciones con datos híbridos.

**Palabras-clave:** Fusión de datos, Modelo JDL; optimización soporte de decisión; Inteligencia de negocios; Industria servicios eléctrico.

***JDL Data Fusion Model to support decision-making in electrical installation service companies***

**Abstract:** This study proposes a data fusion model based on the JDL (Joint Directors of Laboratories) model for data processing in companies providing electrical installation services. The proposed model allows integrating multiple data sources to improve operational and financial efficiency and optimize strategic decision-making. This study integrates administrative, financial, and operational data. Additionally, it considers different types of KPIs where elements of personal safety, transportation, operational and financial performance variables, and multiple context variables that affect the development of projects are analyzed. This model consists of 5 levels: in the first level, data preprocessing and raw data fusion are performed. At the second level, prediction is made of different variables, both financial and operational. At level 2, the situation is assessed where a range is established for its assessment that allows decision makers to determine how they are located in the context and development of the projects. At level 3, risk assessment is carried out, allowing decision-makers to identify different types of risks under different scenarios to support decision-making under financial and operational considerations. The functionality of the proposed model is validated by demonstrating its scope and limitations with hybrid data.

**Keywords:** Data fusion; JDL Model, decision support optimization; Business Intelligence; Electrical services industry.

## 1. Introducción

La fusión de datos es un campo abierto de investigación el cual es aplicado en múltiples áreas que incluyen la ingeniería y gestión de proyectos para el manejo de los datos. En el sector eléctrico a nivel industrial o empresarial se ejecutan proyectos en el que converge información de múltiples áreas como la financiera, operacional, cadena de suministros, tecnología, licitaciones entre otros, por lo que la integración de los datos generados por las diferentes unidades se vuelve un reto en el momento de tomar decisiones estratégicas informadas (Murshaduddin, 2025). Una mala alineación de los datos entre diferentes dependencias marca la diferencia entre el éxito o el fracaso del proyecto pudiendo llevar a la quiebra de una compañía. Es así como en las empresas de prestación de servicios de instalaciones eléctricas, la integración de datos administrativos, financieros y operativos puede mejorar significativamente la eficiencia operativa y la gestión de proyectos, optimizando tanto los recursos como los tiempos de ejecución. Por otro lado, el modelo de fusión de datos JDL (Joint Directors of Laboratories (Steinberg et al., 1991; Steinberg et al., 1999) puede considerarse como un referente para el tratamiento de los datos y la fusión de los mismos y teniendo como reto aun no tan explorado la fusión de alto nivel para evaluar situaciones y riesgos/impacto en los proyectos a partir de datos multifuentes, fusión de datos y de la información incluyendo predicciones longitudinales y transversales.

El modelo JDL se basa en una estructura de cinco niveles que permite una fusión de datos progresiva y escalonada. En este estudio se propone una modelo de fusión datos en el marco del modelo JDL el cual no solo sigue los niveles con que cuenta el modelo JDL sino adicional a ello cuenta con un componente adicional que mide la calidad de información a través de los 5 niveles del modelo (Becerra et al. 2021). El modelo es mapeado para el uso en compañías prestadora de instalaciones de servicios eléctricos sin estar limitado al mismo, considerando que algunas empresas presentan dinámicas similares sobre todo en el área de proyectos de la construcción. El modelo propuesto

realiza el preprocesamiento y la fusión de datos en bruto en el nivel 0, lo que facilita la eliminación de redundancias y el enriquecimiento de los datos provenientes de diferentes fuentes. En el nivel 1, se lleva a cabo la predicción de diversas variables, tanto operativas como financieras, lo que permite prever escenarios futuros y tomar decisiones informadas. Este enfoque predictivo es crucial para la correcta gestión de proyectos eléctricos, donde la planificación precisa puede reducir costos y mejorar la calidad de los servicios.

El nivel 2 del modelo se enfoca en la valoración de la situación, una etapa crítica para contextualizar la información y proporcionar un marco de referencia para los tomadores de decisiones. A través de este proceso, es posible identificar cómo se encuentran los proyectos en relación con los objetivos estratégicos, permitiendo una evaluación continua del desempeño. El nivel 3 realiza la valoración del riesgo, para la identificación y gestión de riesgos tanto operativos como financieros, lo que facilita la creación de estrategias de mitigación y respuesta. El nivel 4 realiza el refinamiento del modelo sintonizando los parámetros donde las intervenciones humanas, respaldadas por análisis de datos avanzados, ajustan y optimizan el sistema para mejorar su rendimiento y resultados generales, el nivel 5 realiza la sintonización por parte del usuario final. Finalmente, se cuenta con un módulo de valoración de la calidad de la información que permite valorar la calidad en cada uno de los niveles del modelo y la cual es utilizada dentro de la valoración de la situación y para establecer estrategias con el objetivo de optimizar el modelo y mejorar la calidad de la información. Este enfoque permite obtener información de calidad alineada con las necesidades del negocio y los requisitos de los proyectos, contribuyendo a una toma de decisiones más efectiva y eficiente.

A través de la implementación del modelo JDL en empresas de servicios eléctricos, no solo se mejora la eficiencia operativa, sino que también se optimiza la gestión financiera, permitiendo un mejor control de costos y una asignación más efectiva de los recursos. Este modelo puede ser adaptado para incorporar variables clave del sector eléctrico, tales como el análisis de riesgos operacionales, la seguridad del personal y el rendimiento de los proyectos en términos de plazos y costos. La validación de este modelo a través de datos híbridos permitió demostrar su funcionalidad, alcance y limitaciones, demostrando su potencial para transformar la gestión de proyectos en el sector eléctrico.

## **2. Materiales y Métodos**

### **2.1. Dataset**

Para probar la funcionalidad del modelo propuesto y presentado mas adelante, se construyó una base de datos de mil registros con las siguientes variables: fecha, Rendimiento Operativo Global (ROG), Índice de Productividad de Proyecto (IPP), Índice de Cumplimiento de Actividades (ICA), Rentabilidad Operativa (RO), Índice de Desviación Financiera (IDF), Índice de Liquidez (IL), Índice de Cumplimiento de Capacitación en SST (ICCS), Tasa de Incidentes Laborales (TIL), Índice de Experiencia del Empleado (IEE), Tasa de Retención de Personal (TRP), Índice de Rotación de Inventario (IRI), Índice de Disponibilidad de Materiales (IDM), Índice de Riesgo Operativo (IRO), Índice de Riesgo Financiero (IRF), Índice de Evaluación del Proyecto (IEP) e Índice de Predicción Financiera (IPF).

## 2.2. Modelo JDL

El modelo de fusión de datos JDL (Joint Directors of Laboratories) es el referente y el más utilizado para expresar todas las etapas de la cadena de procesamiento desde la adquisición de los datos hasta la interacción del usuario final con la computadora. Es un modelo de propósito general pero su propósito inicial era su uso en el modelado de las estrategias de combate por lo que fue creado por el departamento de defensa de los Estados Unidos (Steinberg et al., 1991). Actualmente, la literatura lo reporta como el modelo más citado y utilizado en el campo de fusión de datos y fusión de la información (Becerra et. al, 2021; Becerra et. al, 2018). Este tiene 6 niveles no secuenciales pero usualmente este es ejecutado serialmente. En la Figura 1 se presenta este modelo. El nivel 0 y 1 denominado modelo de fusión de datos de bajo nivel se encarga del preprocesamiento de los datos, selección y valoración de los objetos donde se realiza la asociación, caracterización y diferentes tipos de predicciones. Los niveles 2 y 3 se encargan de realizar la valoración de la situación y la valoración del riesgo o impacto respectivamente. El procesamiento de estos niveles identifica la situación en la que se encuentra un agente, objeto, grupo etc y se valora el riesgo o impacto en que se encuentra, lo que permite al tomador de decisiones que puede ser un piloto de un avión, un gerente etc que acciones tomar que le permitan mejorar la situación en la que se encuentra, mitigar riesgos entre otros. Finalmente, el nivel 4 se encarga del refinamiento del modelo y el nivel 5 el refinamiento del modelo por parte del usuario. Además el modelo cuenta con una interfaz humano- computadora (HCI) para su interacción (Steinberg et al., 1991; Steinberg et al., 1999).

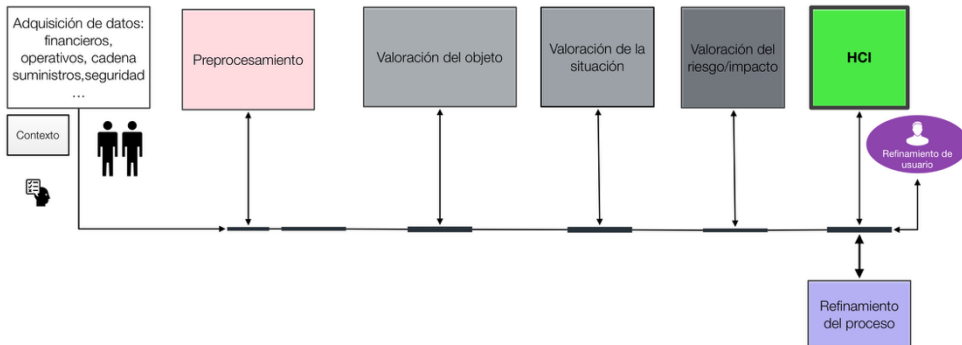


Figura 1 – Modelo JDL (Steinberg et al., 1991).

## 2.3. Modelo propuesto

En la Figura 2 se presenta el modelo de fusión de datos propuesto. El modelo que consta de 5 niveles recibe información de diferentes fuentes como datos financieros, proyectos, administrativos transporte entre otros que pueden incluir datos de contexto. Los datos son recibidos por el nivel 0 denominado preprocesamiento el cual se encarga de realizar selección de datos, ETL – (filtrado, normalización) y también puede llevar a cabo fusión de datos en brutos. El nivel 1 denominado valoración del objeto, se encarga

de los procesos de asociación y extracción de características junto son su selección. Adicionalmente en esta etapa realiza predicciones las cuales pueden ser de clasificación, regresión (estimación y pronóstico). El nivel 2 realiza la valoración de la situación poniendo en contexto la relación de los datos de las diferentes Unidades, predicciones y datos de contexto de manera integrada para dar una visión detallada de la empresa frente a las métricas clave alineado con los objetivos estratégicos, operacionales. Es decir, se establece la relación de los objetivos y el contexto global del proyecto o la operación. Este nivel realiza evaluaciones en múltiples escenarios con relación a una línea base. Considerando que este nivel es valorado a partir de KPI cuantitativos los cuales pueden estar ampliamente permeados por un alto grado de incertidumbre su valoración se realiza usando un sistema de inferencia difuso (Belyadi, et al., 2021). En el Nivel 3 denominado valoración del riesgo o impacto se lleva a cabo la valoración de los diferentes riesgos y pronóstico de los mismos teniendo en consideración la incertidumbre de los datos. Algunos de los riesgos valorados son los operativos, financieros y de incidentes laborales (Londoño et al. 2023; Hudáková et al., 2023; Bautista-Bernal et. al, 2024). En el nivel 4 se lleva a cabo el refinamiento del proceso en este nivel se incluye la valoración de la calidad de la información. Se resalta que la calidad de la información no es solamente tenida en cuenta para el refinamiento del proceso en todos los niveles sino también como parte de la valoración de la situación debido a que la calidad de la información que se tiene sobre toda la cadena de procesamiento influye en los procesos sobre todos los niveles y estos se pueden propagar desde el nivel 0 hasta el nivel 4 e incluso en la interfaz Humana – Computadora (HCI) etapa que presenta los datos al tomador de decisiones permitiendo tomar decisiones informadas de manera amplia y determinar acciones a seguir.

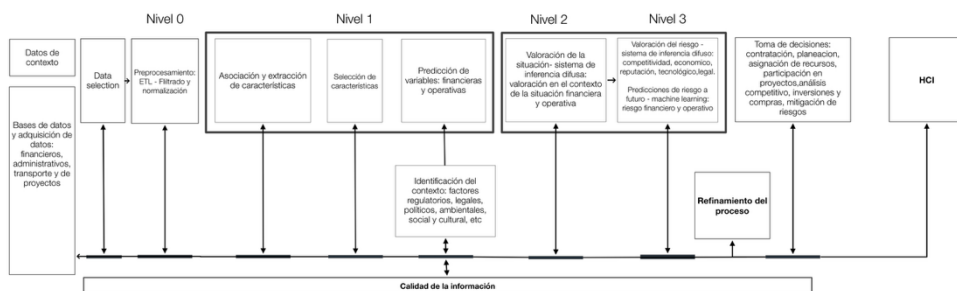


Figura 2 – Modelo Propuesto

### 3. Resultados y discusión

En la fusión de alto nivel se construyó un Sistema de inferencia difuso para la valoración financiera (Ver Figura 3), este tiene como entradas los indicadores de rentabilidad Operativa y el índice de liquidez para estimar la situación financiera. Los conjuntos difusos son de tipo triangular. Para la rentabilidad operativa los conjuntos son denominados como bajo moderado y alto. En el índice de liquidez se tienen 3 conjuntos difusos o funciones de membresía denominadas Bajo, Aceptable y Sólido. En la variable de salida de situación financiera se tiene los conjuntos Mala, Regular y Buena.

Los conjuntos no fueron refinados ya que este estudio tiene como objetivo principal demostrar la funcionalidad del modelo propuesto. Sin embargo, un ajuste por medio de técnicas de optimización o redes neuronales como lo hacen los modelos ANFIS (Ahmed et al. 2023) podría lograr un modelo más refinado y preciso para la valoración de la situación financiera. Sin embargo, esto dependerá del volumen de los datos y no de la opinión de expertos.

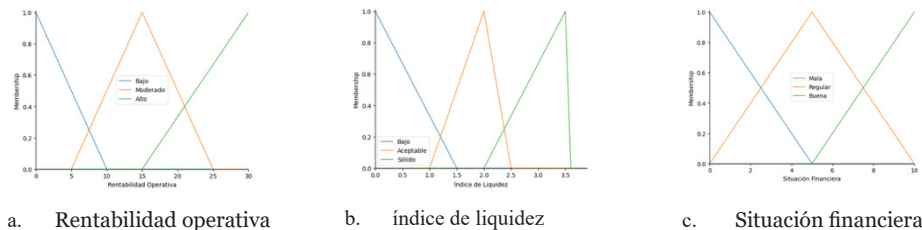


Figura 3 – Funciones de Membresía de entrada rentabilidad operativa, índice de liquidez y función de membresía de salida de la situación financiera

De igual forma y siguiendo la misma metodología se construyó el sistema de valoración de la situación operativa como se ilustra en la figura 4. En la figura 4<sup>a</sup> se visualizan las funciones de membresía de la variable de salida (situación operativa) la cual se estima a partir de reglas evaluadas en el motor de inferencia en función de las variables de entrada de cumplimiento de actividades (ICA) y el índice de productividad del proyecto (IPP). Adicionalmente, la Figura 4b muestra el diagrama de superficie demostrando una adecuada valoración de la situación operativa en función del ICA y el IPP.

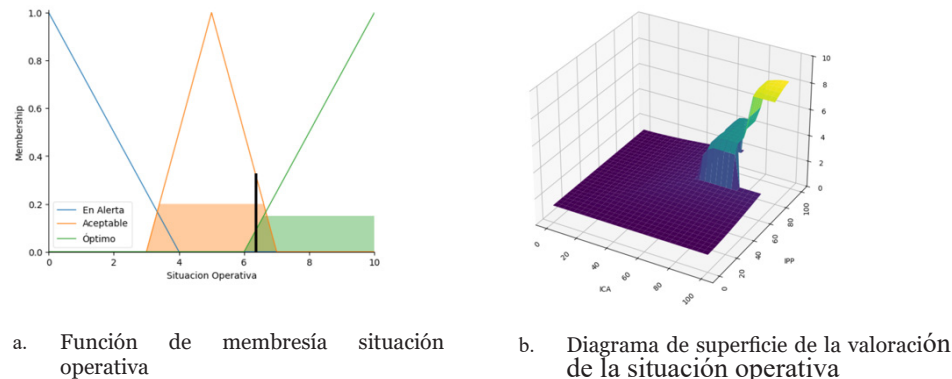


Figura 4 – A. Función de Membresía de salida situación operativa. b. Diagrama de superficie de la valoración de la situación operativa

Para la valoración del riesgo i.e. nivel 3 del modelo propuesto esta valoración se llevó a cabo considerando las siguientes estrategias: i) ponderado de riesgo financiero, riesgo de suministro, seguridad, proyecto, operativo. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

| Clasificación de Riesgo | Frecuencia |
|-------------------------|------------|
| <i>Alto</i>             | 802        |
| <i>Moderado</i>         | 198        |
| <i>Bajo</i>             | 0          |

Tabla 1 – Clasificación del riesgo

Los resultados del riesgo ponderado se muestran en la Tabla 2. Con base en los datos se demuestra una correcta valoración de los diferentes tipos de riesgos considerando la ponderación establecida. El riesgo global obtenido es de 42.213. En la figura 5 se puede observar una dinámica con alta entropía del riesgo global a través del tiempo. En la Figura 6 se observa la distribución del riesgo global la cual se aproxima a una distribución normal con una media aproximada de 42.

| Riesgo valorado             | Valoración |
|-----------------------------|------------|
| <i>Riesgo Financiero</i>    | 6.076      |
| <i>Riesgo Operativo</i>     | 81.958     |
| <i>Riesgo de Seguridad</i>  | 19.300     |
| <i>Riesgo de Suministro</i> | 59.004     |
| <i>Riesgo de proyecto</i>   | 49.960     |

Tabla 2 – Valoración de riesgo ponderado

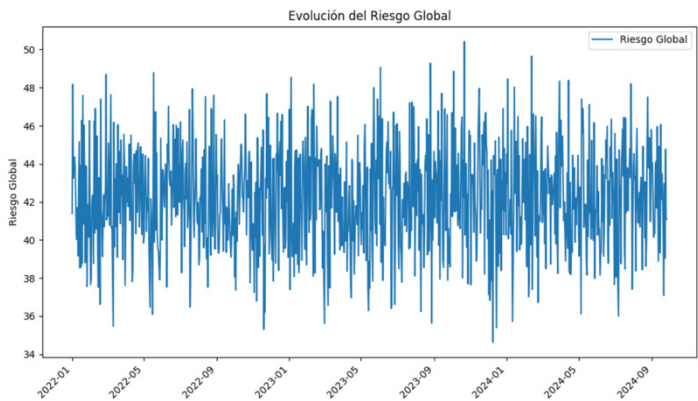


Figura 5 – A. Diagrama de líneas de la evolución temporal del riesgo global



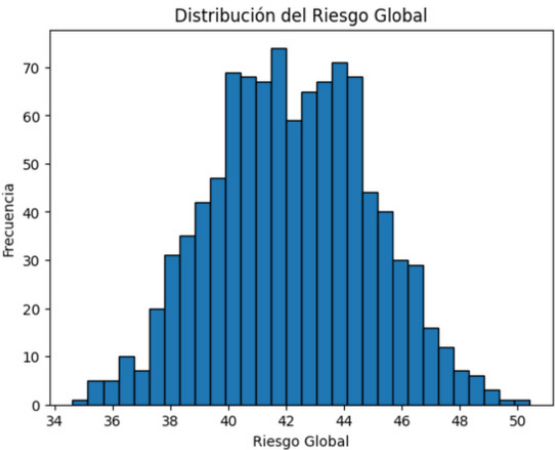


Figura 6 – A. Distribución del riesgo global

Finalmente se probaron 5 diferentes máquinas de aprendizaje i.e. Regresión Lineal, Árboles de Decisión, Random Forest, XGBoost y Deep Learning para la predicción del riesgo obteniendo los siguientes rendimientos expresados en términos del error cuadrático medio MSE y el R2. Los resultados se observan en la tabla 3. Se observa que el mejor modelo es el de regresión lineal, pero al tener unos valores tan perfectos se asume que se tiene un modelo sobre ajustado. Mientras que el modelo basado en Random Forest muestra un MSE bajo y un R2 que pudiese tener una mejor generalidad. El modelo de más bajo rendimiento es el Deep Learning lo cual puede deberse a la limitada cantidad de datos. En la Figura 7 se puede observar el desempeño de los mejores modelos.

| Modelo            | MSE          | R2       |
|-------------------|--------------|----------|
| Regresión Lineal  | 7.421603e-29 | 1.000    |
| Arbol de Decisión | 2.635703     | 0.581385 |
| Random Forest     | 1.305205     | 0.792701 |
| XGBoost           | 9.223214     | 0.853512 |
| Deep Learning     | 11.49437     | 0.682612 |

Tabla 4 – Rendimiento de los modelos predictivos para la valoración del riesgo.

4. Conclusiones

En este trabajo se propuso un modelo de fusión de datos orientado a la calidad de la información para el procesamiento de los datos en empresas del sector eléctrico. El modelo demostró su funcionalidad con datos híbridos para la valoración de la situación y del riesgo lo cual permitiría soportar la toma de decisiones con información con más bajo nivel de incertidumbre integrando datos administrativos, financieros y operativos. En cuanto la predicción valoración del riesgo las variables operativas y financieras

demonstraron que junto a la valoración de la situación y riesgos permiten a los tomadores de decisiones tener una visión mas global del desempeño y riesgos de los proyectos. Adicionalmente es importante resaltar que la incertidumbre obtenida en la fusión de alto nivel es manejada de manera efectiva con los sistemas de inferencia difusa. Finalmente, los modelos predictivos son una alternativa objetiva para la valoración del riesgo.

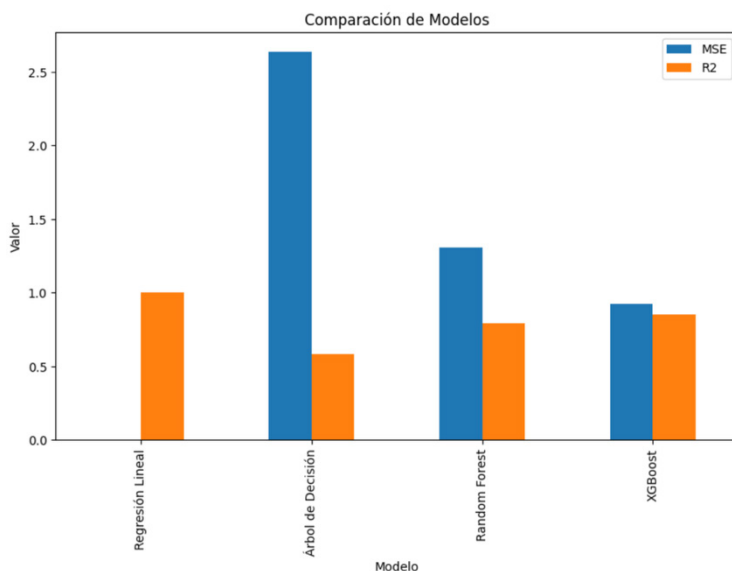


Figura 7 – Comparación de los modelos predictivos para la valoración del riesgo

Aunque el modelo funcionalmente muestra una amplia generalidad y aplicación para la gestión de los proyectos del campo de las instalaciones eléctricas su sintonización tiene una alta complejidad temporal y su construcción se encuentra limitada por la cantidad de datos para el entrenamiento de los modelos lo que afecta los modelos más complejos como Deep Learning. Adicionalmente, es importante implementar estrategias que permita sintonizar los conjuntos difusos de la inferencia difusa para mejorar su precisión. Finalmente, es importante resaltar que el modelo puede ser adaptado a otras aplicaciones.

Por otro lado, la valoración de la calidad de la información es fundamental en toda la cadena de procesamiento de los datos a través de todos los niveles del modelo. La importancia de la valoración de la calidad de la información es un factor crítico en todo el proceso de la optimización ya que permite no solo mejorar la limpieza de los datos entregados en cada nivel ya sea por la sintonización establecida en los algoritmos sino también con el refinamiento del usuario final.

Como trabajo futuro se propone probar el modelo en un ambiente real poniéndolo a prueba durante una ventana de tiempo y a partir de los resultados obtenidos realizar un refinamiento de este con el objetivo de mejorar su desempeño y funcionalidad en ambientes reales. También se espera realizar un ajuste fino de los parámetros del modelo

utilizando técnicas de optimización como algoritmos genéticos o enjambre de partículas y probar los modelos con una mayor cantidad de datos además de usar otros modelos que si bien no parecieran estar a la vanguardia de hoy en día como las Deep Learning, el principio de parsimonia dicta encontrar las soluciones más simples ante problemas complejos que permitan mejorar la precisión de la valoración financiera y operativa. Además, la se propone le uso de una mayor cantidad de información de contexto lo cual permitiría fortalecer el modelo y realizar mejores valoraciones y por ende entregar información más confiable a los tomadores de decisiones.

## Referencias

- Ahmed, I. E., Mehdi, R., & Mohamed, E. A. (2023). The role of artificial intelligence in developing a banking risk index: an application of Adaptive Neural Network-Based Fuzzy Inference System (ANFIS). *Artificial Intelligence Review*, 56(11), 13873–13895. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10473-9>
- Bautista-Bernal, I., Quintana-García, C., & Marchante-Lara, M. (2024). Safety culture, safety performance and financial performance. A longitudinal study. *Safety Science*, 172, 106409. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106409>
- Becerra, M. A., Tobón, C., Castro-Ospina, A. E., & Peluffo-Ordóñez, D. H. (2021). Information Quality Assessment for Data Fusion Systems. *Data*, 6(6), 60. <https://doi.org/10.3390/data606060>
- Becerra, M. A., Alvarez-Uribe, K. C., & Peluffo-Ordoñez, D. H. (2018). Low Data Fusion Framework Oriented to Information Quality for BCI Systems (pp. 289–300). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-78759-6\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-319-78759-6_27)
- Belyadi, H., & Haghighat, A. (2021). Fuzzy logic. In *Machine Learning Guide for Oil and Gas Using Python* (pp. 381–418). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821929-4.00003-2>
- Hudáková, M., Kardoš, P., Dvorský, J., Afful, C. R., & Kloudova, J. (2023). Management of Operational Risk in the Context of Financial Performance of SMEs. *Systems*, 11(8), 408. <https://doi.org/10.3390/systems11080408>
- Londoño, A. A., & Velásquez, J. D. (2023). Risk Management in Electricity Markets: Dominant Topics and Research Trends. *Risks*, 11(7), 116. <https://doi.org/10.3390/risks11070116>
- Murshaduddin Killedar. (2025). The Integration of Information Systems in Strategic Decision-Making: A Management Perspective. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 10(2), 716–725. <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i2.3062>
- Steinberg, A. N., Bowman, C. L., & White, F. E. (1991). Revisions to the JDL Data Fusion. *Data Fusion Lexicon by JDL*.
- Steinberg, A. N., Bowman, C. L., & White, F. E. (1999). Revisions to the JDL data fusion model (B. v. Dasarthy, Ed.; p. 430). <https://doi.org/10.1117/12.341367>

# Un Modelo de Componentes para la Evaluación de Riesgos de Ciberseguridad en Instituciones Públicas

Manuel Tupia<sup>1</sup>

tupia.mf@pucep.edu.pe

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 15088, Perú.

Pages: 11-27

**Resumen:** En la era digital, las instituciones públicas enfrentan crecientes desafíos en materia de ciberseguridad debido a la proliferación de amenazas cibernéticas, la digitalización de los servicios gubernamentales y el cumplimiento de normativas estrictas sobre protección de datos. La evaluación de riesgos cibernéticos (Cyber Risk Assessment) es un proceso crítico que permite a estas instituciones identificar vulnerabilidades, mitigar amenazas y fortalecer su postura de seguridad. Sin embargo, la falta de un modelo estructurado que integre estándares internacionales, marcos de gobierno de TI y mejores prácticas en gestión de riesgos limita la efectividad de las estrategias de protección. Los organismos reguladores han reconocido la importancia de la evaluación de riesgos cibernéticos en el sector público. Normativas como la ISO/IEC 27005:2022, que proporciona directrices para la gestión del riesgo de seguridad de la información, y el NIST Cybersecurity Framework (CSF) 2.0, que establece un enfoque basado en cinco funciones clave (Identificar, Proteger, Detectar, Responder y Recuperar), han servido como referencia para muchas organizaciones. Adicionalmente, marcos de gobernanza y gestión de riesgos de TI como RISK-IT 2.0 de ISACA e ITIL 4 ofrecen un enfoque estructurado para la alineación de la ciberseguridad con los objetivos estratégicos institucionales. Este artículo propone un modelo de componentes para la evaluación de riesgos cibernéticos en instituciones públicas, basado en el estado del arte, normas internacionales y marcos de gestión de TI. El modelo incorpora elementos tecnológicos, de gobernanza y de gestión para ofrecer una evaluación integral del riesgo.

**Palabras-clave:** Riesgos cibernéticos; seguridad de la información; evaluación de riesgos; gobierno digital.

## *A Component Model for Cybersecurity Risk Assessment in Public Institutions*

**Abstract:** In the digital era, public institutions face increasing cybersecurity challenges due to the proliferation of cyber threats, the digitization of government services and compliance with strict data protection regulations. Cyber Risk Assessment (Cyber Risk Assessment) is a critical process that enables these institutions to identify vulnerabilities, mitigate threats and strengthen their security posture. However, the lack of a structured model that integrates international

standards, IT governance frameworks and best practices in risk management limits the effectiveness of protection strategies. Regulators have recognized the importance of cyber risk assessment in the public sector. Standards such as ISO/IEC 27005:2022, which provides guidelines for information security risk management, and the NIST Cybersecurity Framework (CSF) 2.0, which establishes an approach based on five key functions (Identify, Protect, Detect and Recover), have served as a reference for many organizations. Additionally, IT governance and risk management frameworks such as ISACA's RISK-IT 2.0 and ITIL 4 provide a structured approach for aligning cybersecurity with organizational strategic objectives. This article proposes a component model for cyber risk assessment in public institutions, based on the state of the art, international standards and IT management frameworks. The model incorporates technological, governance and management elements to provide a comprehensive risk assessment.

**Keywords:** Cyber risks; information security; risk assessment; digital governance.

## 1. Introducción

En la era digital, las instituciones públicas enfrentan crecientes desafíos en materia de ciberseguridad debido a la proliferación de amenazas cibernéticas, la digitalización de los servicios gubernamentales y el cumplimiento de normativas estrictas sobre protección de datos. La evaluación de riesgos cibernéticos (Cyber Risk Assessment) es un proceso crítico que permite a estas instituciones identificar vulnerabilidades, mitigar amenazas y fortalecer su postura de seguridad. Sin embargo, la falta de un modelo estructurado que integre estándares internacionales, marcos de gobierno de TI y mejores prácticas en gestión de riesgos limita la efectividad de las estrategias de protección (Burrell, 2024).

Los organismos reguladores han reconocido la importancia de la evaluación de riesgos cibernéticos en el sector público. Normativas como la ISO/IEC 27005:2022, que proporciona directrices para la gestión del riesgo de seguridad de la información, y el NIST Cybersecurity Framework (CSF) 2.0, que establece un enfoque basado en cinco funciones clave (Identificar, Proteger, Detectar, Responder y Recuperar), han servido como referencia para muchas organizaciones. Adicionalmente, marcos de gobernanza y gestión de riesgos de TI como RISK-IT 2.0 de ISACA e ITIL 4 ofrecen un enfoque estructurado para la alineación de la ciberseguridad con los objetivos estratégicos institucionales.

A pesar de estos avances, las instituciones públicas en muchos países, incluyendo Perú, aún carecen de una metodología integral que permita evaluar los riesgos cibernéticos de manera efectiva y alineada con los objetivos gubernamentales. Específicamente, en una entidad estatal peruana encargada de la supervisión y regulación de sectores estratégicos, la necesidad de un modelo de evaluación de riesgos cibernéticos es fundamental para garantizar la resiliencia del sector.

Este artículo propone un modelo de componentes para la evaluación de riesgos cibernéticos en instituciones públicas, basado en el estado del arte, normas internacionales y marcos de gestión de TI. El modelo incorpora elementos tecnológicos, de gobernanza y de gestión para ofrecer una evaluación integral del riesgo cibernético.

El modelo presentado en este estudio se conceptualiza como una arquitectura estructurada de dominios y subdominios que abordan aspectos clave de la ciberseguridad

en instituciones públicas. Aunque se refiere a un “modelo de componentes”, su enfoque se centra en la identificación y organización de áreas críticas para la gestión de riesgos, más que en un modelo matemático-formal. Este enfoque se alinea con marcos como el NIST SP 800-53 (NIST, 2020a), que proporciona un catálogo de controles de seguridad y privacidad, y complementa las directrices establecidas en el NIST SP 800-30 (NIST, 2012), centradas en la evaluación de riesgos.

El documento se estructura de la siguiente manera: la Sección 2 presenta el estado del arte sobre la evaluación y el aseguramiento de riesgos de ciberseguridad; la Sección 3 resalta la importancia de un modelo de evaluación de riesgos cibernéticos en instituciones públicas; la Sección 4 describe el modelo propuesto, detallando sus componentes clave; la Sección 5 presenta un caso de aplicación del modelo en una entidad estatal peruana; y finalmente, la Sección 6 ofrece conclusiones, recomendaciones y propuestas para trabajos futuros.

## **2. Estado del Arte de la Evaluación de Riesgos Cibernéticos**

La evaluación de riesgos cibernéticos (Cyber Risk Assessment, en adelante CRA) se ha convertido en un pilar fundamental para la protección de activos digitales en instituciones públicas. La creciente sofisticación de las amenazas, sumada a la digitalización acelerada de los servicios gubernamentales, ha llevado a una evolución en los modelos y marcos de evaluación de riesgos.

### **2.1. Enfoques clásicos**

Los modelos tradicionales de evaluación de riesgos cibernéticos han seguido enfoques cualitativos y cuantitativos basados en estándares como ISO/IEC 27005:2022, el NIST Special Publication 800-30 Rev. 1 y marcos de gestión de riesgos como RISK-IT 2.0 de ISACA. En su estudio, Mohd Amin et al. (2022) identifican que muchas instituciones aún dependen de metodologías cualitativas basadas en matrices de riesgo y evaluaciones de impacto subjetivas, lo que limita la precisión en la toma de decisiones.

Adicionalmente, el enfoque cuantitativo ha ganado relevancia con modelos como Factor Analysis of Information Risk (FAIR), que permite evaluar el impacto financiero de los riesgos cibernéticos (Freund & Jones, 2020). Sin embargo, este modelo ha sido poco adoptado en el sector público debido a la complejidad en la recopilación de datos históricos sobre incidentes de seguridad (Castillo, Bruzza & Tupia, 2021)

### **2.2. Enfoques ágiles**

En los últimos años, la evaluación de riesgos cibernéticos ha evolucionado hacia un enfoque basado en inteligencia artificial y análisis de datos en tiempo real. Estudios recientes destacan el uso de machine learning para la detección de amenazas y la predicción de vulnerabilidades (Zhang et al., 2023). También se ha observado una creciente adopción de modelos híbridos que combinan evaluaciones cualitativas con análisis automatizados de riesgos basados en big data (Alshaikh, 2023).

Por otro lado, el enfoque de “Cyber Threat Intelligence” ha sido incorporado en modelos de evaluación de riesgos, permitiendo que las instituciones públicas adopten estrategias

proactivas en la gestión de amenazas (Chismon & Ruks, 2021). Además, iniciativas como el MITRE ATT&CK Framework han facilitado la identificación de tácticas y técnicas utilizadas por actores maliciosos, mejorando la efectividad de las evaluaciones de riesgo (MITRE, 2023).

### **2.3. Tendencias actuales basadas en Inteligencia Artificial (IA)**

Hasta 2025, las tendencias emergentes en CRA se centran en la automatización y el uso de herramientas avanzadas de detección de amenazas. Investigaciones recientes sugieren que la integración de inteligencia artificial explicable (XAI) en los procesos de evaluación de riesgos permitirá mejorar la transparencia en la toma de decisiones (Gadepalli et al., 2024). Además, el uso de blockchain en la gestión de registros de evaluación de riesgos podría ofrecer mayor integridad y trazabilidad en los reportes de incidentes (Wang & Liu, 2024).

Por último, las instituciones públicas han comenzado a adoptar un enfoque basado en riesgo dinámico, donde los modelos de evaluación se actualizan continuamente en función de la evolución del panorama de amenazas (Rosenzweig, 2024). Este enfoque se ha visto reforzado por el crecimiento del Threat Hunting y la aplicación de técnicas de modelado predictivo para anticipar ataques antes de que ocurran (Chen et al., 2024).

### **2.4. Normativa internacional**

El marco regulatorio en ciberseguridad ha evolucionado significativamente para responder a las amenazas emergentes. La actualización del NIST Cybersecurity Framework (CSF) 2.0 en 2023 incorporó un enfoque más holístico en la gestión del riesgo cibernético, alineándolo con los principios de Zero Trust Architecture (ZTA) (NIST, 2020b). Asimismo, la ISO/IEC 27001:2022 fortaleció sus controles en materia de evaluación de riesgos, incluyendo requisitos más estrictos sobre la clasificación de activos críticos (ISO, 2022). En el ámbito gubernamental europeo, el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) ha influido en la adopción de estrategias más rigurosas en la gestión de riesgos relacionados con la privacidad de la información en instituciones públicas (European Commission, 2023). Además, la adopción de modelos basados en RISK-IT 2.0 ha permitido mejorar la alineación entre la gestión de riesgos cibernéticos y los objetivos estratégicos de las instituciones (ISACA, 2023).

La incorporación de enfoques ágiles y tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial (IA), en la evaluación de riesgos cibernéticos permite una respuesta más dinámica y adaptativa frente a las amenazas. La IA puede ser utilizada para:

- **Análisis predictivo:** Identificar patrones y prever posibles incidentes de seguridad.
- **Automatización de respuestas:** Implementar acciones correctivas de manera automática ante detecciones de amenazas.
- **Optimización de recursos:** Priorizar las áreas de mayor riesgo y asignar recursos de manera eficiente.



### **3. Importancia de un Modelo de Evaluación de Riesgos Cibernéticos en Instituciones Públicas**

Las instituciones públicas manejan una gran cantidad de información crítica, desde datos personales de los ciudadanos hasta registros financieros y operativos de entidades gubernamentales. La creciente digitalización de los servicios estatales ha expuesto a estas organizaciones a un panorama de amenazas cibernéticas en constante evolución. En este contexto, la implementación de un modelo de evaluación de riesgos cibernéticos es fundamental para garantizar la continuidad operativa, la protección de la información y la confianza en la gestión pública. A continuación, se analizan los principales factores que justifican la necesidad de este modelo en instituciones estatales.

#### **3.1. Cumplimiento regulatorio y normativo**

El cumplimiento normativo es un aspecto clave en la gestión del riesgo cibernético en el sector público. A nivel internacional, regulaciones como el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) en Europa y la ISO/IEC 27001:2022 establecen directrices para la gestión segura de la información (European Commission, 2023; ISO, 2022). En América Latina, países como Perú han desarrollado marcos regulatorios específicos, como la Ley de Protección de Datos Personales (Ley N° 29733) y las normas del Centro Nacional de Seguridad Digital (CNSD), que exigen controles rigurosos en ciberseguridad. Un modelo de evaluación de riesgos cibernéticos permitiría a las instituciones públicas identificar y mitigar vulnerabilidades antes de que se conviertan en incidentes, asegurando el cumplimiento de estas regulaciones y evitando sanciones legales. Además, la alineación con estándares internacionales como NIST 800-30 y RISK-IT 2.0 de ISACA garantizaría una gestión integral de los riesgos tecnológicos en el sector gubernamental (NIST, 2023; ISACA, 2023).

#### **3.2. Transparencia y confianza ante el ciudadano**

La ciberseguridad es un pilar esencial para fortalecer la confianza de la ciudadanía en los servicios públicos digitales. Los ataques cibernéticos a entidades estatales pueden comprometer la integridad de la información gubernamental y afectar la credibilidad de las instituciones. Casos recientes, como el ataque de ransomware al Ministerio de Salud de Argentina en 2022, han evidenciado la necesidad de una gestión proactiva del riesgo cibernético (Pérez & Gómez, 2023). La transparencia en la gestión de riesgos cibernéticos implica que las instituciones adopten prácticas que permitan a los ciudadanos conocer las medidas de seguridad implementadas para proteger su información. Un modelo estructurado de evaluación de riesgos facilitaría la generación de reportes y métricas que evidencien el nivel de madurez en ciberseguridad, mejorando la rendición de cuentas ante la sociedad.

#### **3.3. Privacidad de datos**

Las instituciones públicas manejan grandes volúmenes de información sensible, incluyendo datos personales, historiales médicos, registros financieros y documentos legales. Un fallo en la seguridad de estos datos puede derivar en robo de identidad,



fraudes o divulgación indebida de información confidencial. La implementación de un modelo de evaluación de riesgos permitiría identificar las vulnerabilidades asociadas a la gestión de datos personales, estableciendo controles para minimizar los riesgos de filtraciones o accesos no autorizados. En este sentido, estándares como ISO/IEC 27701:2023, que amplía los controles de privacidad en la gestión de seguridad de la información, pueden ser utilizados como referencia en la protección de datos en el sector público (ISO, 2023).

### **3.4. Respuesta eficiente ante desastres informáticos**

Los incidentes de ciberseguridad, como ataques de ransomware, denegación de servicio (DDoS) y accesos no autorizados, pueden afectar gravemente la continuidad de los servicios públicos. Un modelo de evaluación de riesgos cibernéticos permite anticipar escenarios de crisis y establecer planes de respuesta efectivos. Marcos de referencia como el NIST Cybersecurity Framework (CSF) 2.0 y la ISO/IEC 22301:2019 sobre continuidad del negocio destacan la importancia de contar con estrategias de recuperación ante desastres informáticos (NIST, 2023; ISO, 2019). La adopción de estos enfoques permitiría que las instituciones públicas reduzcan el tiempo de inactividad en caso de un incidente y garanticen la disponibilidad de los servicios esenciales para la población.

### **3.5. Mejora en la calidad del servicio al ciudadano**

La eficiencia y seguridad de los servicios digitales en el sector público tienen un impacto directo en la experiencia del ciudadano. Sistemas como el registro civil, la emisión de documentos de identidad y las plataformas de pago electrónico deben garantizar altos niveles de disponibilidad y protección de datos.

### **3.6. Barreras y limitaciones**

La implementación de marcos normativos y estándares internacionales en instituciones públicas enfrenta diversas barreras que deben ser consideradas. Entre las principales se encuentran (Ávila-Coello, 2024):

- Limitaciones presupuestarias: Muchas entidades públicas carecen de los recursos financieros necesarios para invertir en infraestructura tecnológica y formación especializada en ciberseguridad.
- Falta de personal capacitado: Existe una escasez de profesionales con conocimientos en ciberseguridad dentro del sector público, lo que dificulta la implementación efectiva de los marcos normativos.
- Resistencia al cambio organizacional: La adopción de nuevas políticas y tecnologías puede encontrar oposición debido a culturas organizacionales arraigadas y a la falta de concienciación sobre la importancia de la ciberseguridad.
- Complejidad regulatoria: La diversidad y complejidad de los marcos normativos pueden generar confusión y dificultades en su aplicación práctica

Para mitigar estas barreras, es esencial promover una cultura organizacional que valore la ciberseguridad, simplificar el lenguaje técnico utilizado en las políticas y proporcionar formación continua al personal.

En conclusión, la implementación de un modelo de evaluación de riesgos cibernéticos en instituciones públicas no solo es una necesidad operativa, sino también un requisito estratégico para garantizar la estabilidad, la confianza y la seguridad en el ecosistema digital gubernamental. En la siguiente sección se presentará un *modelo basado en componentes que integra las mejores prácticas y marcos normativos actuales para la evaluación y gestión del riesgo cibernético en instituciones estatales* que se ha denominado *Cyber.pe*

4. Modelo propuesto

El presente modelo de evaluación de riesgos cibernéticos en instituciones públicas está estructurado en cuatro dominios clave: Gobierno y Gestión del Riesgo, Resiliencia y Continuidad, Seguridad Tecnológica y Gestión de la Información, y Operaciones y Cumplimiento. Estos dominios integran componentes críticos basados en normas y marcos internacionales como ISO 27001:2022, ISO 31000:2018, NIST 800-30, NIST CSF 2.0, ITIL 4 y RISK-IT 2.0 de ISACA, con el objetivo de ofrecer una evaluación integral del riesgo cibernético en instituciones estatales.

Cada dominio está compuesto por subcomponentes específicos, que se alinean con mejores prácticas en ciberseguridad y gestión del riesgo. La tabla 1 proporciona una visión general de los dominios y sus componentes principales.

| Dominio                                  | Componente                                                                                                                        |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Gobierno y gestión                    | 1.1 Marco de Gobernanza en Ciberseguridad<br>1.2 Gestión del Riesgo Cibernético<br>1.3 Gestión de la Cadena de Suministro Digital |
| 2. Resiliencia y continuidad             | 2.1 Planificación de Continuidad del Negocio<br>2.2 Evaluación de la Madurez en Ciber resiliencia                                 |
| 3. Seguridad y gestión de la información | 3.1 Gestión de Identidad y Control de Accesos<br>3.2 Seguridad de Infraestructura y Redes<br>3.3 Protección de Datos Sensibles    |
| 4. Operaciones y cumplimiento            | 4.1 Monitoreo y Respuesta a Incidentes<br>4.2 Cumplimiento Regulatorio y Auditoría de Seguridad                                   |

Tabla 1 – Definición de algunos estilos

A continuación, se desarrolla cada dominio con ejemplos y fundamentos basados en marcos normativos y estudios recientes.

4.1. Dominio 1: Gobierno y Gestión de riesgos

Este dominio establece la base para la toma de decisiones estratégicas en ciberseguridad, asegurando que los riesgos cibernéticos sean gestionados de manera proactiva y alineados con los objetivos institucionales.

#### **4.1.1. Marco de Gobernanza en Ciberseguridad**

Este componente define la estructura de gobierno de ciberseguridad dentro de la institución pública, asegurando que los roles, responsabilidades y procesos sean claros y eficaces (ISACA, 2023). Ejemplo: Una entidad gubernamental adopta un Comité de Seguridad de la Información basado en RISK-IT 2.0 para garantizar la alineación entre seguridad y estrategia organizacional.

#### **4.1.2. Gestión del Riesgo Cibernético**

Este componente integra las mejores prácticas de ISO 31000:2018 y NIST 800-30 para identificar, evaluar y tratar riesgos cibernéticos de manera estructurada (ISO, 2018; NIST, 2023). Ejemplo: Uso de metodologías de análisis de impacto de riesgos para evaluar la criticidad de activos digitales en servicios ciudadanos en línea.

#### **4.1.3. Gestión de la cadena de suministro digital**

Dado que muchas instituciones públicas dependen de terceros y proveedores de TI, este componente asegura que se evalúen los riesgos en contrataciones y adquisiciones de tecnología (NIST, 2022). Ejemplo: Implementación de cláusulas contractuales que exijan auditorías de seguridad en proveedores de software crítico.

### **4.2. Dominio 2: Resiliencia y Continuidad**

Este dominio aborda la capacidad de recuperación ante incidentes cibernéticos y la continuidad operativa de la entidad pública.

#### **4.2.1. Planificación de la continuidad de negocios**

Este componente se basa en ISO 22301:2019 y define los procedimientos para mantener operaciones críticas en caso de incidentes (ISO, 2019). Ejemplo: Desarrollo de un Plan de Recuperación ante Desastres (DRP) para servicios en donde se encuentre presente gran cantidad de datos personales identificables (PII) de ciudadanos.

#### **4.2.2. Evaluación de la madurez de la ciber-resiliencia**

Basado en NIST CSF 2.0, este componente mide el nivel de resiliencia de una institución ante ataques cibernéticos (NIST, 2023). Ejemplo: Aplicación del Cyber Resilience Review (CRR) del CERT para evaluar la preparación de un ministerio ante ataques de ransomware (Rosado et al., 2024).

### **4.3. Dominio 3: Seguridad y gestión de la información**

Este dominio agrupa los controles técnicos necesarios para proteger infraestructuras digitales y datos sensibles en instituciones públicas.

#### **4.3.1. Gestión de Identidad y Control de Accesos**

Basado en NIST 800-53 e ISO 27001, este componente define mecanismos de autenticación robustos (NIST, 2021). Ejemplo: Implementación de autenticación multifactor (MFA) en plataformas de servicios públicos digitales.

### 4.3.2. Seguridad de infraestructura y redes

Define controles de seguridad en redes, servidores y sistemas operativos (ISO, 2022). Ejemplo: Implementación de Zero Trust Architecture (ZTA) en redes gubernamentales.

### 4.3.3. Protección de datos sensibles

Asegura la integridad y confidencialidad de los datos según ISO 27701:2023 y GDPR (ISO, 2023). Ejemplo: Uso de cifrado de extremo a extremo (E2EE) en bases de datos de información médica pública.

## 4.4. Dominio 4: Operaciones y Cumplimiento

Este dominio se centra en la detección, respuesta a incidentes y auditoría de seguridad.

### 4.4.1. Monitoreo y respuesta a incidentes

Basado en NIST 800-61, este componente establece la estructura de un Centro de Operaciones de Seguridad (SOC) (NIST, 2022). Ejemplo: Creación de un Equipo de Respuesta a Incidentes (CSIRT) en una agencia estatal.

### 4.4.2. Cumplimiento Regulatorio y Auditoría de Seguridad

Asegura la conformidad con marcos normativos nacionales e internacionales. Ejemplo: Auditoría de ciberseguridad basada en ISO 27001:2022 en una entidad estatal.

## 4.5. Relación entre Dominios y Componentes

El modelo propuesto integra marcos normativos y mejores prácticas para ofrecer un enfoque estructurado y adaptativo a la evaluación de riesgos cibernéticos en instituciones públicas. La próxima sección (Sección 5) presentará un caso práctico de aplicación del modelo en una entidad estatal peruana. A continuación, se presenta una figura que ilustra la interconexión entre los dominios del modelo:

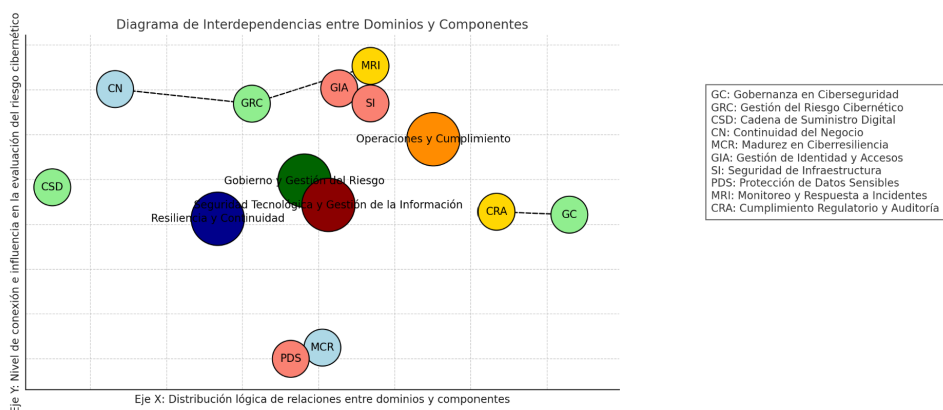


Figura 1 – Relación de dependencia entre dominios y componentes

El modelo Cyber.Pe está estructurado en tres dominios principales:

1. Gobierno y Gestión
2. Seguridad Tecnológica y Gestión de la Información
3. Resiliencia y Continuidad
4. Operaciones y cumplimiento

La selección de los dominios y subdominios en el modelo propuesto se basa en un análisis de las necesidades específicas de las instituciones públicas, considerando factores como:

- Relevancia normativa: Alineación con marcos y estándares internacionales reconocidos.
- Impacto potencial: Áreas con mayor riesgo y consecuencias significativas en caso de incidentes.
- Viabilidad de implementación: Consideración de los recursos y capacidades disponibles en el sector público.

Esta priorización busca maximizar la efectividad del modelo y facilitar su adopción práctica en el contexto institucional. Cada uno de estos dominios tiene una serie de componentes que interactúan entre sí y dependen de otros para funcionar eficazmente. A continuación, se explican las interdependencias clave entre los dominios y sus respectivos componentes, dentro de la tabla 2:

| Dominio                      | Componente                                        | Dependencias clave                                                                                      | Justificación                                                                                        |
|------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Gobierno y gestión        | 1.1 Marco de Gobernanza en Ciberseguridad         | Cumplimiento Regulatorio y Auditoría de Seguridad (4.2), Planificación de Continuidad del Negocio (2.1) | Define políticas, roles y responsabilidades en ciberseguridad y garantiza alineación con normativas. |
|                              | 1.2 Gestión del Riesgo Cibernético                | Evaluación de la Madurez en Ciberresiliencia (2.2), Protección de Datos Sensibles (3.3)                 | Permite la identificación, análisis y mitigación de riesgos de ciberseguridad.                       |
|                              | 1.3 Gestión de la Cadena de Suministro Digital    | Seguridad de Infraestructura y Redes (3.2), Gestión de Identidad y Control de Accesos (3.1)             | Asegura que proveedores externos cumplan estándares de seguridad adecuados.                          |
| 2. Resiliencia y continuidad | 2.1 Planificación de Continuidad del Negocio      | Monitoreo y Respuesta a Incidentes (4.1), Seguridad de Infraestructura y Redes (3.2)                    | Establece estrategias para garantizar la operatividad ante incidentes cibernéticos.                  |
|                              | 2.2 Evaluación de la Madurez en Ciber resiliencia | Marco de Gobernanza en Ciberseguridad (1.1), Cumplimiento Regulatorio y Auditoría de Seguridad (4.2)    | Mide el nivel de preparación de la organización ante amenazas cibernéticas                           |

| <b>Dominio</b>                                  | <b>Componente</b>                                     | <b>Dependencias clave</b>                                                                        | <b>Justificación</b>                                                                   |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>3. Seguridad y gestión de la información</i> | 3.1 Gestión de Identidad y Control de Accesos         | Gestión del Riesgo Cibernético (1.2), Protección de Datos Sensibles (3.3)                        | Asegura que solo usuarios autorizados accedan a información crítica.                   |
|                                                 | 3.2 Seguridad de Infraestructura y Redes              | Seguridad de Identidad y Control de Accesos (3.1), Monitoreo y Respuesta a Incidentes (4.1)      | Implementa controles técnicos para mitigar vulnerabilidades en redes y sistemas.       |
|                                                 | 3.3 Protección de Datos Sensibles                     | Cumplimiento Regulatorio y Auditoría de Seguridad (4.2), Gestión del Riesgo Cibernético (1.2)    | Garantiza la confidencialidad, integridad y disponibilidad de datos críticos.          |
| <i>4. Operaciones y cumplimiento</i>            | 4.1 Monitoreo y Respuesta a Incidentes                | Seguridad de Infraestructura y Redes (3.2), Planificación de Continuidad del Negocio (2.1)       | Detecta amenazas en tiempo real y ejecuta respuestas ante incidentes de ciberseguridad |
|                                                 | 4.2 Cumplimiento Regulatorio y Auditoría de Seguridad | Evaluación de la Madurez en Ciber resiliencia (2.2), Marco de Gobernanza en Ciberseguridad (1.1) | Asegura que la organización cumpla con regulaciones nacionales e internacionales.      |

Tabla 2 – Definición de algunos estilos

## 5. Implementación del modelo en una entidad estatal peruana

La implementación del modelo Cyber.Pe en una entidad estatal requirió un enfoque estructurado y metodológico. A continuación, se detallan los pasos a seguir para garantizar una adopción efectiva del modelo, asegurando la cobertura de todos los componentes y su correcta integración en la operatividad institucional.

### 5.1. Paso 1: Estableciendo el Marco de Gobierno en Ciberseguridad

- Componente: 1.1 Marco de Gobernanza en Ciberseguridad
- Actividades:
  - Definir y aprobar una política de ciberseguridad alineada con las normativas ISO 27001 e ISO 31000.
  - Crear un comité de ciberseguridad con participación de directivos y líderes tecnológicos.
  - Establecer roles y responsabilidades claras para la gestión del riesgo cibernético.
  - Implementar un sistema de gestión de seguridad de la información (SGSI).
- Responsables: Director de TI, Oficial de Seguridad de la Información (CISO), Gerencia General.
- Contrataciones necesarias: Especialista en normativas de seguridad.

## **5.2. Paso 2: Implementación del proceso de gestión de riesgo cibernético**

- Componente: 1.2 Gestión del Riesgo Cibernético
- Actividades:
  - Realizar una evaluación de riesgos cibernéticos inicial basada en NIST 800-30 y RISK-IT 2.0.
  - Identificar activos críticos y evaluar amenazas y vulnerabilidades.
  - Desarrollar un plan de tratamiento de riesgos con controles adecuados.
  - Establecer una estrategia de monitoreo y actualización periódica del análisis de riesgos.
- Responsables: Oficial de Seguridad de la Información (CISO), Auditor Interno de TI.
- Contrataciones necesarias: Analista de riesgos informáticos o de sistemas.

## **5.3. Paso 3: Gestión de la Cadena de Suministro Digital**

- Componente: 1.3 Gestión de la Cadena de Suministro Digital
- Actividades:
  - Evaluar la seguridad de proveedores y terceros con acceso a sistemas críticos.
  - Exigir cumplimiento de estándares de seguridad en contratos con proveedores.
  - Implementar auditorías periódicas de ciberseguridad en la cadena de suministro.
- Responsables: Área de Contrataciones y Adquisiciones, Oficial de Seguridad de la Información.

## **5.4. Paso 4: Planificación de la Continuidad del negocio**

- Componente: 2.1 Planificación de Continuidad del Negocio
- Actividades:
  - Elaborar y aprobar un Plan de Continuidad del Negocio (BCP).
  - Implementar un sistema de respaldo de información con redundancia geográfica.
  - Realizar simulacros y pruebas de recuperación ante desastres (DRP).
- Responsables: Director de TI, Oficial de Continuidad del Negocio.
- Adquisiciones necesarias: Servidores de respaldo, software de recuperación de desastres.
- Contrataciones necesarias: Consultor en continuidad del negocio.

## **5.5. Paso 5: Evaluación de la Madurez en Ciber resiliencia**

- Componente: 2.2 Evaluación de la Madurez en Ciber resiliencia
- Actividades:
  - Aplicar un modelo de madurez basado en NIST Cybersecurity Framework.
  - Definir métricas clave para medir la resiliencia de la entidad.
  - Realizar revisiones anuales del nivel de madurez alcanzado.
- Responsables: Auditor Interno de TI, Comité de Ciberseguridad.

### **5.6. Paso 6: Seguridad de infraestructura y redes**

- Componente: 3.2 Seguridad de Infraestructura y Redes
- Actividades:
  - Implementar soluciones de firewall de nueva generación y detección de intrusos (IDS/IPS).
  - Segmentar la red interna para minimizar el impacto de ataques cibernéticos.
  - Monitorear el tráfico de red en tiempo real para identificar amenazas.
- Responsables: Director de TI, Ingeniero de Seguridad de Redes.
- Adquisiciones necesarias: Firewalls, herramientas de monitoreo de red, software IDS/IPS.

### **5.7. Paso 7: Protección de datos sensibles**

- Componente: 3.3 Protección de Datos Sensibles
- Actividades:
  - Aplicar técnicas de cifrado de datos en reposo y en tránsito.
  - Implementar controles de acceso basados en principios de menor privilegio.
  - Realizar auditorías periódicas de protección de datos personales.
- Responsables: Oficial de Protección de Datos, CISO.
- Adquisiciones necesarias: Software de cifrado de datos, herramientas DLP (Data Loss Prevention).

### **5.8. Paso 8: Monitoreo y respuesta a incidentes**

- Componente: 4.1 Monitoreo y Respuesta a Incidentes
- Actividades:
  - Implementar un Centro de Operaciones de Seguridad (SOC) con capacidad de respuesta 24/7.
  - Definir procedimientos de respuesta ante incidentes de seguridad.
  - Realizar simulacros periódicos de respuesta ante incidentes cibernéticos.
- Responsables: CISO, Analista de Respuesta a Incidentes.
- Adquisiciones necesarias: SIEM (Security Information and Event Management), herramientas de análisis forense.
- Contrataciones necesarias: Analista de incidentes de seguridad.

### **5.9. Paso 9: Cumplimiento Regulatorio y Auditoría de Seguridad**

- Componente: 4.2 Cumplimiento Regulatorio y Auditoría de Seguridad
- Actividades:
  - Implementar auditorías de seguridad periódicas para evaluar el cumplimiento regulatorio.
  - Establecer controles y reportes conforme a ISO 27001, NIST 800-53 y regulaciones locales.
  - Desarrollar planes de remediación para mitigar brechas de cumplimiento identificadas.



- Responsables: Auditor Interno de TI, Comité de Cumplimiento.
- Contrataciones necesarias: Auditor de ciberseguridad

#### **5.10. Paso 10: Gestión de identidad y control de acceso**

- Componente: 3.1 Gestión de Identidad y Control de Accesos
- Actividades:
  - Implementar autenticación multifactor (MFA) para sistemas críticos.
  - Establecer políticas de control de acceso basadas en roles (RBAC).
  - Integrar herramientas de gestión de identidades (IAM) para usuarios internos y externos.
- Responsables: Director de TI, CISO.
- Adquisiciones necesarias: Software de gestión de identidades (IAM), tokens de seguridad.

#### **5.11. Paso 11: Evaluación de la Implementación del Modelo**

- Actividades:
  - Realizar una auditoría integral del modelo implementado.
  - Ajustar estrategias y planes de acción según resultados obtenidos.
- Responsables: Comité de Ciberseguridad, Auditor Interno de TI.

#### **5.12. Paso Adicional: Evaluación de la Efectividad del Modelo**

- Actividades: Para evaluar la efectividad del modelo propuesto en la práctica, se recomienda establecer indicadores clave de rendimiento (KPI) que permitan medir
  - Reducción en el número de incidentes de seguridad.
  - Tiempo de respuesta ante incidentes.
  - Nivel de cumplimiento de las políticas de seguridad.
  - Satisfacción del personal con las medidas implementadas.
- Responsables: Comité de Ciberseguridad, Auditor Interno de TI.

### **6. Conclusiones y trabajos futuros**

#### **6.1. Conclusiones**

La implementación del modelo de evaluación de riesgos cibernéticos en entidades estatales permite establecer un enfoque integral para la gestión de amenazas digitales. A través de una estructura basada en dominios clave—Gobierno y Gestión, Resiliencia y Continuidad, Seguridad Tecnológica y Gestión de la Información, y Operaciones y Cumplimiento—se logra una cobertura completa de los aspectos críticos de ciberseguridad. La adopción de este modelo garantiza el cumplimiento normativo, la protección de la información y la continuidad operativa ante incidentes cibernéticos.

## 6.2. Beneficios de aplicación

La aplicación del modelo proporciona múltiples beneficios, entre ellos:

- Mayor seguridad y resiliencia: Reducción de vulnerabilidades y fortalecimiento de la capacidad de respuesta ante incidentes.
- Cumplimiento normativo: Alineación con estándares internacionales como ISO 27001, NIST y ITIL.
- Mejor gestión del riesgo: Identificación, evaluación y mitigación efectiva de amenazas cibernéticas.
- Protección de la información: Implementación de mecanismos robustos de control de acceso y cifrado de datos.
- Optimización de recursos: Priorización de inversiones en seguridad con base en el análisis de riesgos.

## 6.3. Trabajos futuros

Para mejorar y ampliar el alcance del modelo, se proponen las siguientes líneas de investigación y desarrollo:

- Automatización de la gestión de riesgos cibernéticos mediante herramientas basadas en inteligencia artificial.
- Integración con tecnologías emergentes como blockchain para mejorar la transparencia y trazabilidad en la seguridad de la información.
- Análisis de casos de estudio en diferentes países para evaluar la adaptabilidad del modelo en distintos entornos gubernamentales.
- Medición del impacto del modelo a través de indicadores de desempeño y métricas de seguridad.

## 6.4. Adaptabilidad del modelo a contextos nacionales e internacionales

El modelo propuesto posee una estructura flexible que permite su adaptación a diferentes contextos nacionales y sectoriales. Para lograr una implementación efectiva en diversos entornos, se deben considerar:

- Marco legal y regulatorio local: Ajustar el modelo a las leyes y normativas específicas de cada país o sector.
- Nivel de madurez en ciberseguridad: Evaluar las capacidades existentes y adaptar las estrategias en consecuencia.
- Cultura organizacional: Integrar prácticas que se alineen con los valores y estructuras de las instituciones locales.

## Referencias

Alshaikh, M. (2023). Hybrid models for cyber risk assessment in public institutions. *Cybersecurity Journal*, 28(3), 45-67.

- Ávila-Coello, A. A. (2024). Seguridad de la información en instituciones públicas: desafíos y buenas prácticas en el contexto ecuatoriano. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(2), 145-156.
- AXELOS. (2019). ITIL 4: Managing Professional. AXELOS.
- Burrell, D. N. (2024). Understanding healthcare cybersecurity risk management complexity. *Land Forces Academy Review*, 29(1), 38-49.
- Castillo, A., Bruzza, M., & Tupia, M. (2021). State of the art on the identification of unintentional cybersecurity threats by internal personnel in public institutions / Estado del arte sobre la identificación amenazas no intencionales de ciberseguridad de parte de personal interno en instituciones públicas. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 2021(E41), 70-82.
- Chen, Y., Patel, R., & Kim, S. (2024). Predictive threat modeling for proactive cybersecurity. *Journal of Information Security*, 32(1), 12-34.
- Chismon, D., & Ruks, M. (2021). Cyber Threat Intelligence: Enhancing Risk Assessment. SANS Institute.
- European Commission. (2023). General Data Protection Regulation (GDPR). [https://ec.europa.eu/info/law/law-topic/data-protection\\_en](https://ec.europa.eu/info/law/law-topic/data-protection_en)
- Freund, J., & Jones, J. (2020). Measuring and Managing Information Risk: A FAIR Approach. IT Risk Management Press.
- Gadepalli, S., Thompson, L., & Wang, X. (2024). Explainable AI in Cyber Risk Assessment: A Transparent Approach. *Artificial Intelligence in Cybersecurity*, 17(2), 56-79.
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 31000:2018 - Risk management – Guidelines. ISO.
- International Organization for Standardization. (2019). ISO/IEC 22301:2019 - Security and resilience – Business continuity management systems – Requirements. ISO.
- International Organization for Standardization. (2022). ISO/IEC 27001:2022 - Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security management systems – Requirements. ISO.
- International Organization for Standardization. (2022). ISO/IEC 27005:2022 - Information security risk management. ISO.
- International Organization for Standardization. (2023). ISO/IEC 27701:2023 - Privacy Information Management Systems. ISO.
- ISACA. (2019). COBIT 2019: Framework for Governance and Management of Enterprise IT. ISACA.
- ISACA. (2020). Risk IT Framework, 2nd Edition. ISACA.
- ISACA. (2023). RISK-IT 2.0: Managing IT Risk in the Public Sector. ISACA Publications.
- MITRE. (2023). MITRE ATT&CK Framework: A Comprehensive Threat Intelligence Model. <https://attack.mitre.org/>

- Mohd Amin, R., Khalid, H., & Yusof, N. (2022). Current Challenges in Cyber Risk Assessment: A Qualitative and Quantitative Approach. *Journal of Cybersecurity Research*, 14(4), 89-112.
- National Institute of Standards and Technology. (2012). Guide for Conducting Risk Assessments (NIST Special Publication 800-30 Rev. 1). U.S. Department of Commerce.
- National Institute of Standards and Technology. (2018). Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity, Version 1.1 (NIST Cybersecurity Framework). U.S. Department of Commerce.
- National Institute of Standards and Technology. (2020a). Security and Privacy Controls for Information Systems and Organizations (NIST Special Publication 800-53 Rev.5). U.S. Department of Commerce.
- National Institute of Standards and Technology. (2020b). Zero Trust Architecture (NIST Special Publication 800-207). U.S. Department of Commerce.
- National Institute of Standards and Technology. (2023). NIST Cybersecurity Framework (CSF) 2.0. U.S. Department of Commerce.
- Pérez, L., & Gómez, J. (2023). Lecciones del ataque de ransomware al Ministerio de Salud de Argentina en 2022. *Revista de Ciberseguridad Pública*, 15(2), 34-57.
- Ponemon Institute. (2022). Cost of a Data Breach Report 2022. IBM Security.
- Rosado, D. G., Sánchez, L. E., Varela Vaca, Á. J., Santos Olmo, A., Gómez López, M. T., Martínez Gasca, R., & Fernández Medina, E. (2024). Enabling security risk assessment and management for business process models. *Journal of Information Security and Applications*, 84, 103829.
- Rosenzweig, P. (2024). Dynamic Risk-Based Cybersecurity: Adapting to Evolving Threats. *Government Cybersecurity Review*, 29(1), 78-94.
- SANS Institute. (2021). Incident Response: Best Practices for Mitigating Cybersecurity Threats. SANS Institute.
- Wang, T., & Liu, J. (2024). Blockchain Applications in Cyber Risk Management: Ensuring Integrity and Transparency. *Journal of Blockchain Security*, 19(3), 101-124.
- Zhang, L., Carter, J., & Singh, R. (2023). Machine Learning in Cyber Risk Assessment: Predicting Vulnerabilities in Government Systems. *AI & Security Journal*, 35(2), 88-107.

# Proposta de Controles de Segurança Prioritários Contra-ataques em Redes Locais com Dispositivos Compactos

Paulo Victor de Araújo da Silva<sup>1</sup>, Georges Daniel Amvame Nze<sup>1</sup>,  
Fábio Lúcio Lopes de Mendonça<sup>1</sup>, André Luiz Marques Serrano<sup>1</sup>,  
Daniel Alves da Silva<sup>1</sup>, Edna Dias Canedo<sup>1</sup>

vedgeta2@gmail.com; georges@unb.br; fabio.mendonca@unb.br; andrelms@unb.br;  
daniel.alves@redes.unb.br; ednacanedo@unb.br

<sup>1</sup> Universidade de Brasília (UnB), Campus Darcy Ribeiro, Departamento de Engenharia Elétrica,  
CEP 70910-900 Brasília-DF Brasil

Pages: 28-43

**Resumo:** As estratégias de proteção para redes corporativas podem variar amplamente, abrangendo desde controles administrativos até técnicos. Identificar os controles mais adequados para tratar vulnerabilidades específicas é um desafio, especialmente diante de frameworks que listam dezenas ou até centenas de medidas. Este artigo, portanto, foca em uma forma particular de exploração de redes: as intrusões físicas por meio da inserção de dispositivos maliciosos nas redes-alvo. Essa técnica apresenta um alto impacto e representa um risco significativo para a continuidade dos negócios, pois explora vulnerabilidades que ultrapassam a segurança de perímetro. Com base em um estudo detalhado sobre esse tipo de ataque, este trabalho propõe um modelo de defesa em profundidade, estruturado com controles variados e priorizados para mitigar esse problema.

**Palavras-chave:** Frameworks, Intrusões Físicas, Segurança de Perímetro, Segurança em Profundidade.

## *Proposal for Priority Security Controls Against Attacks on Local Area Networks with Raspberry Pi*

**Abstract:** Protection strategies for corporate networks can vary widely, ranging from administrative to technical controls. Identifying the most appropriate controls for specific problems is a challenge, especially when faced with frameworks that list dozens or even hundreds of measures. This article, therefore, focuses on a particular form of network exploitation: physical intrusions through the insertion of malicious devices into target networks. This technique has a high impact and poses a significant risk to business continuity, as it exploits vulnerabilities that go beyond perimeter security. Based on a detailed study of this type of attack, this paper proposes a defense-in-depth model, structured with varied and prioritized controls to mitigate this problem.

**Keywords:** Framework; Physical Intrusions; Perimeter Security; Defense-in-depth.

## 1. Introdução

Nos últimos anos, os ataques cibernéticos têm evoluído significativamente, explorando vulnerabilidades não apenas pela Internet, mas também por meio de redes internas. Criminosos têm conseguido comprometer grandes organizações utilizando dispositivos compactos e de baixo custo, empregando técnicas furtivas, para evitar detecção, além de engenharia social, (Pankov, 2018).

Um caso emblemático ocorreu em 2018, quando a NASA foi invadida por meio de um *Raspberry Pi*, expondo dados sigilosos sobre missões espaciais e revelando falhas graves na gestão de inventário e detecção de dispositivos espúrios (Nogueira, 2019). Já em 2024, o Banco do Brasil registrou um prejuízo de R\$ 40 milhões, após invasores instalarem dispositivos em cabos de dados e usarem engenharia social para corromper funcionários e acessar contas de correntistas (Leitão & Bruzzi, 2024). O Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), autarquia do Governo do Brasil, também enfrentou ataques similares, reforçando a urgência de fortalecer políticas de controle de dispositivos e acessos (Pinheiro & Carone, 2023).

Assim, percebe-se que a priorização de controles de segurança diante de um cenário tão diversificado é um desafio, pois não há soluções universais que enderecem todos os riscos (NIST, 2020). Além disso, implementar múltiplos controles pode sobrecarregar operações e criar vulnerabilidades inerentes às novas contramedidas (ABNT 27005, 2018). Ainda, para escolha e implementação de controles, deve-se considerar o contexto em que o sistema esteja inserido e outras circunstâncias como obrigações regulatórias e políticas; a natureza das operações organizacionais; as funcionalidades específicas empregadas nos sistemas; processos negociais; interesses privados dos indivíduos; os tipos de informações processadas, armazenadas e transmitidas e; principalmente, o horizonte de ameaças enfrentadas por cada organização (NIST, 2020).

Diante disso, este artigo propõe um modelo para priorização de controles de segurança, utilizando a metodologia *Design Science Research* (DSR), com foco em prevenir, detectar e mitigar ataques com o uso de dispositivos compactos e furtivos.

O artigo está dividido em 6 partes: introdução que contextualiza brevemente o cenário estudado e expõe a relevância do tema; a seção 2 que introduz o referencial teórico e os trabalhos correlatos; a seção 3 apresenta a metodologia utilizada para desenvolvimento da proposta de controles; a seção 4 apresenta o desenvolvimento da proposta, análises e discussões sobre o resultado atingido, bem como dados sobre um caso real de implementação de alguns controles para o problema; por fim, na seção 5, as conclusões deste trabalho e sugestões de trabalhos futuros.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1. Trabalhos Correlatos

Segundo Asalqour et al. (2021), a implementação de um modelo bem estruturado de defesa em profundidade (*Defense in Depth*) é uma estratégia eficaz, pois envolve a aplicação de diferentes controles de segurança em camadas sucessivas, dificultando que técnicas complexas e variadas tenham sucesso em comprometer todas elas. A proposta

do presente trabalho busca integrar controles focados na prevenção, detecção e mitigação do ataque estudado e suas variações, baseando-se nessa abordagem de segurança.

Thapa e Mailewa (2020) apresentaram uma revisão completa sobre a evolução histórica, funções e componentes dos sistemas de prevenção (IPS) e detecção de intrusão (IDS), além de listar as ferramentas mais utilizadas no mercado. Khraisat et al. (2019), por sua vez, trataram das abordagens contemporâneas desses sistemas, destacando técnicas de evasão usadas por atacantes, o que evidencia a constante evolução dos IDS nos últimos anos.

Em termos de segurança em redes internas, o protocolo IEEE 802.1x desempenha um papel crucial, fornecendo um mecanismo de autenticação para controlar o acesso de dispositivos às redes corporativas (IEEE, 2020). No entanto, Vishnu e Praveen (2020) destacam que sua versão mais básica apresenta fragilidades que permitem formas de contorno. La (2023) reforça a importância do processo de priorização de controles de segurança, reconhecendo que nem todos podem ou devem ser implementados, e sugere critérios como a probabilidade de ocorrência e as técnicas empregadas nos ataques como fatores determinantes na priorização.

Indo além de abordagens como defesa em profundidade ou o uso de IDS/IPS, o conceito mais amplo de *Zero Trust* parte da premissa de que nenhum participante da rede é confiável, independentemente de sua localização. Dessa forma, o *Zero Trust* busca garantir que todos os acessos sejam rigorosamente verificados em todas as camadas, redes e aplicações da corporação, substituindo a confiança baseada na localização por uma validação contínua e contextualizada (Arruda et. al., 2023).

Embora a literatura disponha de diversos estudos sobre tecnologias, conceitos ou controles específicos, bem como sobre a priorização de controles de segurança, este trabalho se distingue ao propor um modelo concreto de controles prioritários voltado para um problema específico que, além de ser complexo, afeta organizações de diferentes setores e tamanhos em escala global.

## **2.2. Priorização de Controles de Segurança**

A priorização de controles de segurança é um tema amplamente discutido no campo da segurança cibernética. A publicação do NIST, SP 800-53, destaca que a seleção e priorização de controles de segurança deve ser guiada por uma análise de risco criteriosa, que avalie a criticidade dos ativos, as ameaças associadas e o impacto potencial dos ataques. Por esse motivo, o objetivo principal dessa abordagem é garantir que os controles estejam alinhados às necessidades organização, levando em consideração fatores como custo de implementação, eficácia na mitigação dos riscos e aderência aos requisitos regulatórios.

## **3. Metodologia**

Este trabalho utiliza a metodologia Design Science Research (DSR), amplamente aplicada em pesquisas de sistemas de informação e engenharia. Seu objetivo é criar e avaliar iterativamente artefatos que solucionem problemas práticos enquanto geram contribuições científicas (Hevner et al., 2004). Este estudo adota o ciclo regulador



de Wieringa (2014), uma abordagem iterativa da DSR que organiza as fases do desenvolvimento do artefato em ciclos de investigação do problema, projeto da solução, resultado e análises, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1 – Ciclo de Wieringa (Adaptado de Wieringa)

Wieringa define o ciclo regulador para criação e avaliação de artefatos como um processo cíclico e contínuo, em que as fases se repetem até que uma solução satisfatória seja desenvolvida e validada. O ciclo adotado neste trabalho é uma versão adaptada desse modelo, estruturada em três fases principais:

- **Investigação do Problema:** O ciclo começa com a definição e descrição clara do problema prático a ser enfrentado. Essa etapa busca compreender, com profundidade, o contexto e os fatores que originam a necessidade de intervenção (Wieringa, 2014).
- **Projeto da Solução:** Com o problema mapeado, o próximo passo é projetar o desenho da solução ou artefato. Neste estudo, com base nas diretrizes da NIST SP 800-53, foram revisados os controles de segurança capazes de mitigar, detectar ou prevenir diretamente o problema identificado (Wieringa, 2014).
- **Resultados e Análises:** Nesta fase do ciclo são realizadas Provas de Conceito (PoC) e analisados os resultados obtidos a partir da implementação dos controles descritos no modelo proposto. Nessa etapa, os controles são implementados e sua eficácia medida, até que se atinja o ponto ótimo entre custo de implementação e o valor do ativo a ser protegido (Wieringa, 2014).

#### 4. Resultados, Análises e Discussões

Utilizando o ciclo de Wieringa da DSR, conforme metodologia proposta e utilizada neste trabalho, essa pesquisa foi desenvolvida de forma iterativa em que (1) se buscou entender



o problema específico enfrentado, em seguida, (2) foi desenvolvida uma proposta de controles de segurança prioritários para endereçar o problema e, por fim, (3) foi avaliada a eficácia desses controles em um cenário prático. Em casos em que um controle não demonstrasse a eficácia esperada ou não pudesse ser aplicado ao cenário real, o ciclo foi repetido parcialmente, com o objetivo de refinar a solução e propor controles mais adequados e viáveis, mantendo o foco na efetividade e aplicabilidade prática.

#### 4.1. Investigação do Problema – Como o Ataque Ocorre

O principal objetivo desse tipo de ataque é conectar e ocultar um dispositivo compacto na rede interna da organização-alvo e, criando uma ponte para que o atacante possa acessar remotamente a infraestrutura interna. Após o estabelecimento da conexão, o invasor pode apenas coletar dados trafegados ou credenciais utilizadas na rede, realizar movimentação lateral em direção a hosts legítimos da rede, escalar privilégio dentro desse ou outros dispositivos comprometidos e até mesmo tomar o controle do domínio, via *Active Directory*, por exemplo. Os dispositivos utilizados para esse tipo de ataque geralmente são roteadores compactos (3 polegadas de dimensão diagonal), como o Mikrotik HAP Mini, ou minicomputadores de baixo custo e alta versatilidade, como o *Raspberry Pi*. Esses dispositivos são facilmente adquiridos, discretos e capazes de executar funções avançadas de rede, o que os torna ideais para ataques furtivos. Conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 2 – Mikrotik HAP Mini (esquerda) e *Raspberry Pi* (direita), ambos com medida aproximada de 3 polegadas de dimensão diagonal. Fonte: Mikrotik e *Raspberry Pi*.

A comunicação entre o atacante e o dispositivo espúrio pode ocorrer de diferentes formas, como por meio de uma conexão reversa pela própria rede da organização-alvo ou via acesso direto utilizando redes móveis 4G/5G, previamente configuradas no dispositivo. Scott Eggimann demonstra como preparar o dispositivo, por exemplo, instalando ferramentas e realizando a configuração da conexão reversa (*reverse shell*), que utiliza SSH (*Secure Shell*) nativo de sistemas Unix/Linux (Eggimann, 2022). Em sua análise, o autor destaca a grande quantidade de pontos de rede expostos em ambientes corporativos, que podem ser facilmente explorados por agentes maliciosos. Por sua vez, David Hunt, apresenta a possibilidade de utilização de servidores de comando e controle

(C2) para controle remoto do dispositivo, além da utilização de outras ferramentas utilizadas para exploração de máquinas da rede do alvo, como Nmap, Metasploit e BurpSuite (Hunt, 2021).

Em consulta à matriz MITRE ATT&CK (MITRE, 2020), foi identificada a ocorrência de um grupo chamado “*Dark Vishnya*”, número de identificação G0105, classificado como APT (*Advanced Persistent Threat*) com foco em ataques a instituições financeiras. APT ou Ameaça Persistente Avançada são adversários com níveis sofisticados de conhecimento e recursos significativos, geralmente patrocinados por governos (NIST, 2012). Segundo a *Kaspersky*, entre 2017 e 2018, o grupo atacou pelo menos 8 instituições financeiras naquela região da Europa. Entre as técnicas utilizadas pelo grupo, a mais notável é a inserção de dispositivos como *Raspberry Pi* ou outros tipos de laptops baratos (Pankov, 2018).

Ainda segundo Pankov, os ataques iniciavam com o (1) criminoso acessando o ambiente físico dos alvos, se fazendo passar por um visitante ou prestador de serviço; em seguida, (2) o dispositivo era inserido e ocultado em algum ponto da rede corporativa (Os pontos de rede, quase sempre, expostos em vários lugares dos escritórios corporativos como corredores e salas de reunião, onde visitantes, clientes e parceiros são permitidos); após a inserção do dispositivo, (3) o atacante realizava acesso remoto à rede corporativa por meio de uma conexão celular 4G/5G, previamente configurada no dispositivo espúrio. Conforme ilustrado na Figura 3.

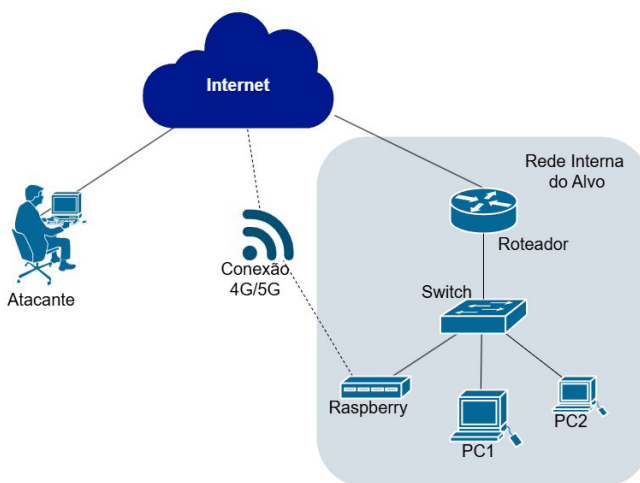


Figura 3 – Estrutura geral de uma intrusão em que se utilizam dispositivos compactos, como *Raspberry Pi*. Fonte: Autores.

Utilizando o dispositivo conectado à rede como estação de salto, os atacantes realizavam movimentação lateral e escalção de privilégios para persistir o acesso em outros pontos da rede. No Brasil, alguns ataques registrados repetiram essas formas de atuação e tinham objetivos similares (Bandeira, et al., 2023).

Na Figura 4, ilustra um caso real identificado em uma organização pública do setor financeiro no Brasil, que evidencia a replicação da estratégia utilizada pelo grupo *Dark Vishnya* em outros contextos ao redor do mundo. Nesse caso específico, um dispositivo Mikrotik HAP Mini foi conectado à rede interna da instituição e oculto sob o piso elevado de uma das unidades da organização, reproduzindo fielmente as táticas de inserção discreta e persistência furtiva observadas nos ataques do grupo *Dark Vishnya*.



Figura 4 – Em um caso real, um dispositivo Mikrotik HAP Mini foi identificado oculto abaixo do piso elevado. Fonte: Autores.

A seguir, são discutidos de modo conceitual e formal os critérios utilizados para a seleção desses controles, bem como considerações que devam ser levadas em conta ao se adotar ou não as medidas sugeridas.

#### 4.2. Proposta da Solução – Critérios para Definição da Adoção dos Controles

Para o desenvolvimento da proposta, foi escolhida a publicação especial NIST SP 800-53, revisão 5 de 2020, por se tratar de um dos guias mais abrangentes de controles de segurança atualmente disponíveis, reunindo uma ampla gama de domínios (NIST, 2020). Sendo assim, o framework do NIST foi adotado como fonte principal para seleção dos controles propostos neste trabalho. A partir dessa fonte, todo o *framework* foi avaliado de forma criteriosa, com o objetivo de identificar controles capazes de detectar, prevenir ou mitigar diretamente as ações descritas nos ataques apresentados na seção 4.1. Os controles selecionados passaram por um processo iterativo de análise e reavaliação, conforme o método DSR, de modo a garantir sua relevância frente ao cenário estudado.

O objetivo desta proposta é construir um modelo de controles prioritários (técnicos, administrativos e operacionais) para um problema específico, baseado no conceito de defesa em profundidade e que possam ser implementados em organizações de setores diversos. Dessa maneira, os controles devem compor uma abordagem multicamada e serem variados, focando em proteção de dados, aplicações, dispositivos, rede e perímetro (Mughal, 2018, pp. 1-20). Assim, foi possível compor uma relação de controles que

atendam aos objetivos de proteção, detecção e mitigação, considerando diferentes níveis de arquitetura e maturidade de segurança organizacional.

Controles como autenticação 802.1X, monitoramento de contas, inspeção de tráfego e inventário de dispositivos podem ser ajustados ao grau de criticidade e às exigências regulatórias de instituições financeiras, hospitais, plantas industriais, órgãos públicos, redes educacionais e empresas com filiais remotas. A adoção de uma arquitetura escalável e modular, ancorada em princípios de *Zero Trust*, permite implantar esses mecanismos conforme o risco e a maturidade de segurança de cada ambiente, criando modelos customizados para reforçar redes locais contra a inserção de dispositivos não autorizados e outras ameaças físicas.

A proposta de controles apresentada pode ser também adaptada a diferentes tipos e tamanhos de organizações ao adotar uma abordagem proporcional ao nível de risco e à capacidade de investimento. Em grandes empresas, por exemplo, é viável implementar medidas robustas como NAC, microsegmentação de rede, IEEE 802.1X e monitoramento contínuo com SIEM, enquanto pequenas e médias empresas podem se beneficiar de alternativas mais acessíveis, como bloqueio físico de portas, inventário de dispositivos, soluções *Open Source* de prevenção e detecção de intrusos e monitoramento básico de tráfego. Essa flexibilidade torna os controles aplicáveis em ambientes diversos — industriais, corporativos, educacionais, públicos ou privados e de pequeno a grande porte — permitindo que cada organização selecione e implemente medidas compatíveis com sua realidade operacional, colhendo benefícios concretos mesmo com recursos limitados.

Portanto, ressalta-se que a adoção de controles dentro do rol proposto deve ser adequada para cada cenário, considerando critérios como tamanho e complexidade da infraestrutura organizacional, exposição e tolerância a riscos cibernéticos, soluções já implementadas, orçamento disponível, quantidade de usuários, sensibilidade de dados, capacidade operacional, histórico de incidentes, tipo de tecnologias adotadas e parcerias em cadeia de suprimento.

#### **4.2.1. Utilização do Risk Management Framework como Ferramenta Formal para Seleção dos Controles de Segurança**

Em complemento a discussão conceitual de critérios da seção anterior, o *Risk Management Framework* (RMF), SP 800-37, revisão 2 de 2018, publicado pelo NIST, se apresenta como uma abordagem estruturada para a gestão de riscos e maior especificação na seleção de controles de segurança da informação com base em riscos identificados (NIST, 2018). Sua adoção se justifica pela possibilidade de integração nativa com o NIST SP 800-53, utilizada como base para a definição dos controles. Nesse sentido, o RMF fornece um processo formal composto por etapas estruturadas que incluem a categorização de ativos, seleção, implementação, avaliação e monitoramento contínuo de controles, permitindo sua aplicação a diferentes níveis de criticidade e maturidade em segurança.

Por ser agnóstico em relação a tecnologias, o RMF pode ser aplicado independentemente das soluções adotadas pela organização, o que permite sua utilização em ambientes heterogêneos (NIST, 2018). Sua estrutura é escalável, podendo ser adaptada a pequenas,

médias e grandes organizações, com ou sem regulamentações específicas. Embora tenha sido idealizado para uso no setor público federal dos Estados Unidos, onde sua aplicação é obrigatória, o framework é amplamente recomendado para o setor privado, podendo ser implementado em instituições financeiras, redes educacionais, ambientes industriais, órgãos públicos ou empresas de tecnologia.

Portanto, como alternativa formal e estruturada, a adoção do RMF possibilita ainda mais refinamento na seleção de controles apropriados dentre os sugeridos neste trabalho. A estrutura do RMF oferece critérios formais para priorização com base no impacto e no contexto operacional, promovendo uma associação entre os riscos identificados e os controles a serem implementados. Assim, a aplicação deste framework contribui para que as medidas de segurança selecionadas estejam alinhadas à exposição ao risco, à criticidade dos ativos envolvidos e à capacidade de resposta da organização.

4.2.2. Definição dos Controles

Com base nos critérios discutidos na fase de projeto, foram selecionados 47 subcontroles ou aprimoramentos. Além dos critérios discutidos anteriormente, a justificativa para a escolha desses controles foi a capacidade de detectar, prevenir ou mitigar diretamente alguma das técnicas empregadas para consecução do ataque. Esses controles foram organizados conforme apresentado na Tabela 1, agrupando-os por sua natureza e sua relevância para os vetores identificados no cenário de ameaça descrito anteriormente:

| ID           | Controles                                                                                                                                        |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AC-2 (g)     | Monitorar o uso das contas.                                                                                                                      |
| AC-17 [1]    | Empregar mecanismos automatizados para monitorar e controlar métodos de acesso remoto.                                                           |
| AT-2 (b)     | Empregue técnicas para aumentar a conscientização sobre segurança e privacidade dos usuários.                                                    |
| AT-2 (d)     | Incorporar em treinamentos as lições aprendidas com incidentes ou violações de segurança internas ou externas.                                   |
| AT-2 [2]     | Fornecer formação sobre como reconhecer e reportar potenciais indicadores de ameaça interna.                                                     |
| AT-2 [5]     | Fornecer formação sobre a ameaça persistente avançada.                                                                                           |
| CA-7 (e)     | Correlação e análise de informações geradas por avaliações de controle e monitoramento.                                                          |
| CA-8 [1]     | Empregar um agente ou equipe de teste de penetração independente para realizar testes de penetração no ambiente.                                 |
| CA-8 [2]     | Empregar exercícios de <i>redteam</i> para simular tentativas de adversários de comprometer os sistemas e ambientes organizacionais.             |
| CA-8 [3]     | Empregar um processo de teste de penetração que inclua tentativas de contornar os controles associados aos pontos de acesso físico à instalação. |
| CA-9 (a)     | Autorizar conexões internas ao ambiente apenas de componentes definidos pela organização.                                                        |
| CM-7 (b)     | Proibir ou restringir/desabilitar o uso de funções, portas, protocolos, software e/ou serviços restritos.                                        |
| CM-7 [9] (b) | Proibir o uso ou conexão de componentes de hardware não autorizados.                                                                             |

| ID           | Controles                                                                                                                                                                                              |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CM-8 (a)     | Desenvolver e documentar um inventário de componentes do sistema que reflita com precisão o ambiente.                                                                                                  |
| IA-2 [1]     | Implementar autenticação multifator para acesso a contas privilegiadas.                                                                                                                                |
| IA-2 [2]     | Implementar autenticação multifator para acesso a contas não privilegiadas.                                                                                                                            |
| IA-3         | Identificar e autenticar dispositivos definidos pela organização antes de estabelecer uma conexão de rede.                                                                                             |
| IA-3 [1]     | Identificar e autenticar dispositivos   Autenticação de rede Bidirecional.                                                                                                                             |
| IA-5 [1] (b) | Verificar, quando os usuários criam ou atualizam senhas, se as senhas não são encontradas na lista de senhas comumente usadas, esperadas ou comprometidas em bases de senhas vazadas.                  |
| IA-5 [1] (c) | Transmitir senhas somente através de canais protegidos com criptografia.                                                                                                                               |
| IA-5 [1] (d) | Armazenar senhas usando uma função aprovada de derivação de chave com sal, de preferência usando um <i>hash</i> codificado.                                                                            |
| IR-2 [3]     | Fornecer treinamento de resposta a incidentes sobre como identificar e responder a uma violação, incluindo o processo da organização para relatar uma violação.                                        |
| IR-4 (a)     | Implementar capacidade de tratamento de incidentes que seja consistente com o plano de resposta a incidentes e inclua preparação, detecção e análise, contenção, erradicação e recuperação.            |
| IR-4 [5]     | Implemente um recurso para desabilitar automaticamente um recurso caso violações de segurança sejam detectadas.                                                                                        |
| IR-6 (a)     | Requisitar que o pessoal relate suspeitas de incidentes à resposta organizacional a incidentes.                                                                                                        |
| IR-9 (d)     | Isolar o sistema ou componente do sistema comprometido.                                                                                                                                                |
| MA-5 (a)     | Estabelecer um processo para autorização do pessoal de manutenção e manter uma lista de organizações ou pessoal de manutenção autorizado.                                                              |
| MA-5 (b)     | Verifique se o pessoal não escoltado que realiza manutenção no sistema possui as autorizações de acesso necessárias.                                                                                   |
| MA-5 (c)     | Designar pessoal organizacional com autorizações de acesso exigidas e competência técnica para supervisionar as atividades de manutenção de pessoal que não possua as autorizações de acesso exigidas. |
| PE-2 (a)     | Desenvolver, aprovar e manter uma lista de indivíduos com acesso autorizado às instalações onde o sistema reside.                                                                                      |
| PE-2 (b)     | Emitir credenciais de autorização para acesso às instalações.                                                                                                                                          |
| PE-3 (d)     | Acompanhar visitantes e controlar suas atividades que exigem escolta e controle.                                                                                                                       |
| PE-3 [3]     | Empregar guardas para controlar os pontos de acesso físico às instalações onde o sistema reside, 24 horas por dia, 7 dias por semana.                                                                  |
| PE-3 [8]     | Utilize vestíbulos de controle de acesso em locais dentro das instalações.                                                                                                                             |
| PE-6 (a)     | Monitorar o acesso físico ao ambiente para detectar e responder a incidentes de segurança física.                                                                                                      |
| PE-6 [1]     | Utilizar alarmes de intrusão e equipamentos de vigilância.                                                                                                                                             |

| ID            | Controles                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RA-10 (a)     | Estabelecer e manter um programa de <i>threat hunting</i> para procurar indicadores de comprometimento (IoC) nos sistemas organizacionais e Detectar, rastrear e interromper ameaças que escapam aos controles existentes. |
| SA-8 [18]     | Implementar o princípio de segurança por design em canais de comunicação confiáveis do ambiente organizacional.                                                                                                            |
| SC-7 [20]     | Fornecer a capacidade de isolar dinamicamente o ambiente de outros componentes do sistema.                                                                                                                                 |
| SC-8 [1]      | Implementar mecanismos criptográficos para impedir a divulgação não autorizada de informações.                                                                                                                             |
| SC-26         | Incluir componentes nos sistemas organizacionais projetados especificamente para serem alvo de ataques maliciosos para detectar, desviar e analisar tais ataques.                                                          |
| SI-4 (a) [1]  | Monitore o sistema para detectar ataques e indicadores de ataques potenciais de acordo com os seguintes objetivos de monitoramento.                                                                                        |
| SI-4 (a) [2]  | Monitore o sistema para detectar conexões locais e remotas não autorizadas.                                                                                                                                                |
| SI-4 [1]      | Conecte e configure ferramentas de detecção de intrusão                                                                                                                                                                    |
| SI-4 [13] (a) | Analisar o tráfego de comunicações e os padrões de eventos do sistema.                                                                                                                                                     |
| SI-4 [13] (b) | Desenvolver perfis que representem padrões comuns de tráfego e eventos.                                                                                                                                                    |
| SI-4 [13] (c) | Usar os perfis de tráfego e eventos no ajuste dos dispositivos de monitoramento do sistema.                                                                                                                                |

Tabela 1 – Proposta Completa de Controles de Segurança

A partir da proposta completa de controles, é possível realizar uma seleção parcial e mais adequada ao cenário de cada organização. A seguir, é descrito um caso prático dessa adoção, bem como os resultados alcançados com essa implementação.

### 4.3. Resultados e Análises – Implementação em Caso Prático e Discussão dos Resultados

Esta seção apresenta e analisa os resultados obtidos com a implementação prática de parte dos controles propostos (Conforme Tabela 2) em um ambiente corporativo real. É importante ressaltar que cada caso exige adaptação na escolha dos controles constantes nessa proposta, conforme critérios de adoção de controles descritos na seção 4.2. Nesse sentido, com o objetivo de demonstrar a aplicabilidade e a eficácia da proposta em um contexto real, foram selecionados e implementados 20 subcontroles extraídos da lista apresentada neste trabalho. A aplicação prática ocorreu em uma empresa brasileira do setor financeiro, que havia sido alvo recorrente de ataques com dispositivos compactos e ocultos. Nesse contexto, foram adotados controles específicos, selecionados com base na análise de riscos do ambiente, histórico de incidentes e capacidade operacional da organização, conforme apresentado na Tabela 2.



| ID          | Controle Aplicado                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AC-2 (g)    | Monitorar o uso das contas de usuário: Monitoramento de horários, locais e dispositivos utilizados para login, feito com Active Directory e Azure Entra.                                                                                                                                                               |
| AC-17 [1]   | Empregar mecanismos automatizados para monitorar e controlar métodos de acesso remoto: Utilização de Firewalls para monitorar conexões não autorizadas de entrada de saída de protocolos de acesso remoto, como SSH.                                                                                                   |
| CA-7 (e)    | Correlacionar e analisar informações geradas por avaliações de controle e monitoramento: Geração de regras SIEM para identificação de padrões de ataque como varreduras de rede.                                                                                                                                       |
| CA-8 [1]    | Empregar um agente ou equipe de teste de penetração independente para realizar testes de penetração no ambiente: Como forma de replicar e entender os ataques para escolher as contramedidas.                                                                                                                          |
| CA-8 [2]    | Empregar exercícios de <i>redteam</i> para simular tentativas de adversários de comprometer os sistemas e ambientes organizacionais: Foi realizado exercício para realizar o ataque em departamento aleatório, para entender o comportamento dos colaboradores e das contramedidas de segurança.                       |
| CA-9 (a)    | Autorizar conexões internas ao ambiente apenas de componentes predefinidos: Autenticação via padrão IEEE 802.1x, apenas de dispositivos legítimos.                                                                                                                                                                     |
| CM-7 [9](b) | Proibir o uso ou conexão de componentes de hardware não autorizados: Portas de Switch em modo de bloqueio, em caso de não autenticação.                                                                                                                                                                                |
| CM-8 (a)    | Desenvolver e documentar um inventário de componentes do sistema que reflita com precisão o ambiente: Criação e gerenciamento do inventário por ferramentas como Zabbix e Active Directory SCCM. Essa medida é importante para garantir melhor visualização dos ativos legítimos em relação aos dispositivos espúrios. |
| IA-3        | Identificar e autenticar dispositivos definidos pela organização antes de estabelecer uma conexão de rede: Reforço de configuração do Controle de Admissão à Rede (NAC) para admissão posterior.                                                                                                                       |
| IA-3 [1]    | Identificar e autenticar dispositivos   Autenticação de rede Bidirecional: Autenticação 802.1x com EAP-TLS, utilizando certificados digitais e PEAP. Essa medida é importante para evitar sucesso de <i>spoofing</i> de endereços físicos.                                                                             |
| IR-2 [3]    | Fornecer treinamento de resposta a incidentes sobre como identificar e responder a uma violação, incluindo o processo da organização para relatar uma violação: Treinamentos rotineiros para times diversos, com reforço sobre as formas de reporte em caso de alarme.                                                 |
| IR-4 [5]    | Implementar um recurso para desabilitar automaticamente um recurso caso violações de segurança sejam detectadas: Port Violation habilitado em caso de mais um endereço físico ser identificado em uma mesma porta de switch.                                                                                           |
| MA-5 (a)    | Estabelecer um processo para autorização do pessoal de manutenção e manter uma lista de organizações ou pessoal de manutenção autorizado: Reforço nas políticas de acesso físico.                                                                                                                                      |
| PE-2 (a)    | Desenvolver, aprovar e manter uma lista de usuários com acesso às instalações onde o sistema reside: Acesso físico mais rigoroso com redefinição de políticas.                                                                                                                                                         |
| PE-3 (d)    | Acompanhar visitantes e controlar suas atividades que exigem escolta e controle: Acesso físico mais rigoroso com redefinição de políticas.                                                                                                                                                                             |
| PE-3 [3]    | Empregar guardas para controlar os pontos de acesso físico às instalações onde o sistema reside, 24 horas por dia, 7 dias por semana: Acesso físico mais rigoroso, em ambientes críticos, com redefinição de políticas.                                                                                                |



| ID            | Controle Aplicado                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SC-7 [20]     | Fornecer a capacidade de isolar dinamicamente o ambiente de outros componentes do sistema: Criação de listas de controle de acesso dinâmicas (dACL) para isolamento e contenção de dispositivos, em caso de violação de regras de segurança. |
| SI-4 (a) [2]  | Monitorar o sistema para detectar conexões locais e remotas não autorizadas: Monitoramento via CISCO ISE + SIEM para monitoramento de limite de MACs conectados em conexões locais e conexões extranet.                                      |
| SI-4 [1]      | Conectar e configurar ferramentas de detecção de intrusão em um sistema de detecção de intrusão para todo o sistema: Uso de IDS para identificação de indicadores de comprometimento (IoC) pelo tráfego da rede.                             |
| SI-4 [13] (a) | Analisar o tráfego de comunicações e os padrões de eventos do sistema: Uso de IDS para identificação de indicadores de comprometimento (IoC) pelo tráfego da rede.                                                                           |

Tabela 2 – Controles Implementados em um Ambiente Corporativo Real

Após a realização de testes em ambiente controlado (laboratório), as medidas selecionadas foram implementadas em ambiente real entre agosto de 2023 e setembro de 2024. Durante o ano de 2023, foram identificados e recolhidos 30 dispositivos Mikrotik e Raspberry Pi, todos conectados, de alguma forma, à rede corporativa da organização. Esses incidentes ocorreram antes da implementação efetiva das medidas de controle propostas neste trabalho. Já em 2024, com os controles parcialmente implementados e operacionais, foi possível detectar 28 dispositivos similares, que não chegaram a estabelecer conexões efetivas com os ativos da organização, conforme ilustrado na Figura 6. Assim, embora não tenha havido redução significativa da quantidade de tentativas de intrusão, houve mitigação quase completa dos impactos dessas tentativas, de 30 para apenas 1 caso, ou 96,67%. Nesses casos, os dispositivos geraram apenas alertas nos sistemas de monitoramento, permitindo ações preventivas e respostas rápidas por parte da equipe de segurança. Houve apenas um caso de conexão bem-sucedida, no qual ocorreu roubo de credenciais e acesso não autorizado a sistemas internos. Apesar da gravidade do incidente isolado, os resultados indicam redução significativa da superfície de ataque e aumento da capacidade de detecção precoce, refletindo a eficácia dos controles adotados.

Os resultados obtidos com a implementação real desses controles indicaram também impacto direto em indicadores como MTTR - *Mean Time to Respond* (Tempo Médio de Resposta) e MTTD - *Mean Time to Detection* (Tempo Médio de Detecção), especialmente devido à maior automação e visibilidade introduzidas nos ambientes monitorados. Com a implementação dessas medidas em ambiente real, os incidentes deixaram de ser identificados, na maioria dos casos, após dias ou até semanas — quando a detecção dependia exclusivamente da identificação visual desses dispositivos espúrios conectados à rede — para serem detectados em tempo quase real. Essa evolução foi viabilizada, principalmente, (1) pela adoção de ferramentas automatizadas de detecção de dispositivos não autorizados e bloqueio de portas de rede e (2) pela integração com uma plataforma SIEM. Esses avanços demonstram que mesmo medidas de baixo custo, quando bem estruturadas, podem elevar a capacidade de resposta a ameaças em redes locais.

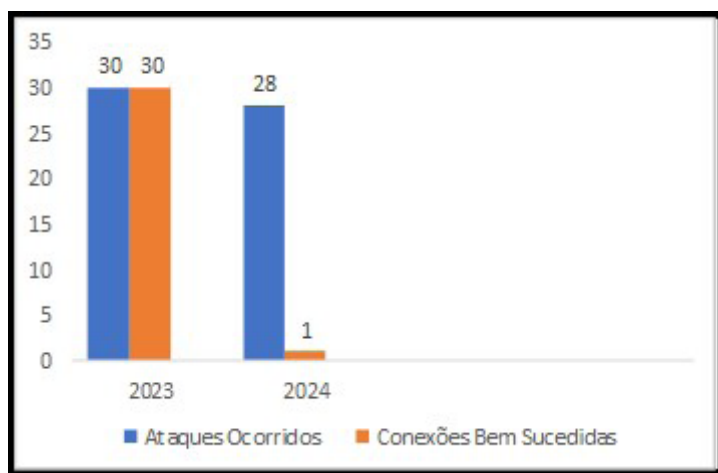


Figura 6 – Evolução de tentativas de ataque versus conexões bem-sucedidas, antes (2023) e após aplicação de controles de segurança (2024). Fonte: Autores.

## 5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Considerando o cenário alarmante e crescente número de ataques que utilizam dispositivos compactos e furtivos, como os descritos neste trabalho, esta pesquisa desenvolveu uma proposta de controles de segurança prioritários, voltados ao tratamento específico desse tipo de ameaça, oferecendo um caminho mais estruturado e direcionado para organizações expostas a esse risco. Por fim, durante a execução do estudo, constatou-se que, ao reduzir o conjunto de controles a ser considerado, com base em critérios técnicos e operacionais, o processo de tratamento das vulnerabilidades se torna mais assertivo, eficiente e alinhado à realidade do ambiente analisado. Então, conclui-se que há necessidade de aprofundamento contínuo, dado que novas metodologias e variações de ataque são constantemente desenvolvidas. Com isso, a resposta a essas ameaças requer medidas específicas de identificação, mitigação e detecção, que devem ser atualizadas e ajustadas conforme o avanço do cenário de ameaças.

Como trabalhos futuros, sugere-se incrementar a proposta, testando e implementando outros possíveis controles como: Uso de mapas de calor para identificação de conexões 4G/5G para acesso remoto aos dispositivos maliciosos; Criação de inventário de dispositivos com base em outras técnicas, como *fingerprint* de dispositivos utilizando SNMP ou outro protocolo, por exemplo; Implementação de tecnologias ZTNA (*Zero Trust Network Access*) para maior controle do acesso aos recursos de rede.

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Laboratório LATITUDE, da Universidade de Brasília, ao TED 01/2021 da Secretaria Nacional de Assistência Social – SNAS/DGSUAS/CGRS, ao TED 01/2021 da Procuradoria Geral da Fazenda Nacional – PGFN, ao Projeto SISTER City (Outorga 625/2022 – FAP/DF), ao Projeto SISPRO-DF” (Outorga 497/2023 – FAP/DF), ao Decanato de Pesquisa e Inovação – DPI/UnB e a FAP/DF.

## Referências

- Alsaqour, R., Majrashi, A., Alreedi, M., Alomar, K., & Abdelhaq, M. (2021). Defense in Depth: Multilayer of Security. *International Journal of Communication Networks and Information Security*. 13(2). 242-248.
- Arruda, L. G. S., Giozza, W. F., Nze, G. D. A., & Nunes, R. R. (2023). Implementação da Arquitetura Zero Trust: uma Revisão Sistemática de Literatura. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*. E56. 264-275.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT]. (2018). Tecnologia da informação: Técnicas de segurança: Gestão de riscos de segurança da informação - NBR 27005.
- Bandeira, A. B., Neumann, C., Silva, D. A., Nze, G. D. A., Serrano, A. L. M., & Mendonça, F. L. L. (2023). 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). *Conferências IADIS Ibero-Americanas Computação Aplicada e WWW/Internet*. Volume único. 27-34.
- Eggimann, S. (2022, June 8). Rogue Raspberry Pi Exploit. *Medium*. [https://medium.com/@wicked\\_picker/rogue-raspberry-pi-exploit-a5f769b784d1](https://medium.com/@wicked_picker/rogue-raspberry-pi-exploit-a5f769b784d1)
- Hevner, A., March, S.T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*. 28(1). 75-105.
- Hunt, D. (2021, April 5). Catch Me If You Can. *f33d by Prelude*. <https://feed.prelude.org/p/catch-me-if-you-can>
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2020). IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks—Port-Based Network Access Control in IEEE Std 802.1X-2020 (Revision of IEEE Std 802.1X-2010 Incorporating IEEE Std 802.1Xbx-2014 and IEEE Std 802.1Xck-2018). <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2020.9018454>
- Khraisat, A., Gondal, I., Vamplew, P., & Kamruzzaman, J. (2019). Survey of intrusion detection systems: techniques, datasets and challenges. *Cybersecurity*. 2(20). 1-22.
- La, S. (2023). Prioritizing Cybersecurity Controls Based on the Coverage of Attack Techniques and Attack Probabilities [Master's thesis, ETH Zurich]. Research Collection. <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/627198>
- Leitão, L., & Bruzzi, M. (2024, 8 de julho). Operação mira quadrilha que hackeava agências bancárias no RJ. G1. <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2024/07/08/operacao-mira-quadrilha-que-hackeava-agencias-bancarias.ghtml>
- MITRE. (2020). DarkVishnya. <https://attack.mitre.org/groups/GO105/>
- Mughal, A. A. (2018). The Art of Cybersecurity: Defense in Depth Strategy for Robust Protection. *International Journal of Intelligent Automation and Computing*. 1(1). 1-20.
- National Institute of Standards and Technology. (2012). Guide for Conducting Risk Assessments: NIST Special Publication 800-30, Revision 1. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-30r1>

- National Institute of Standards and Technology. (2018). Risk Management Framework for Information Systems and Organizations: A System Life Cycle Approach for Security and Privacy: NIST Special Publication 800-37, Revision 2. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-37r2>
- National Institute of Standards and Technology. (2020). Security and Privacy Controls for Information Systems and Organizations: NIST Special Publication 800-53, Revision 5. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-53r5>
- Nogueira, L. (2019, 20 de junho). Laboratório da NASA é hackeado com ajuda de um Raspberry Pi. Olhar Digital. <https://dev.olhardigital.com.br/ciencia-e-espaco/laboratorio-da-nasa-tem-sistema-invadido-por-meio-de-um-raspberry-pi/>
- Pankov, N. (2018, December 6). DarkVishnya Attacks from Inside. *Kaspersky Daily*. <https://www.kaspersky.com/blog/dark-vishnya-attack/24867/>
- Pinheiro, M., & Carone, C. (2023, 16 de maio). Hackers invadem sistema do INSS e geram prejuízo de R\$ 1 bilhão. *Metrópoles*. <https://www.metropoles.com/distrito-federal/na-mira/hackers-invadem-sistema-do-inss-e-geram-prejuizo-de-r-1-bilhao>
- Thapa, S., & Mailewa, A. (2020, April 28). The role of intrusion detection/prevention systems in modern computer networks: A review. *EasyChair Preprint*. <https://easychair.org/publications/preprint/jMT5>
- Vishnu, V., & Praveen, K. (2020). Bypassing Wired Port Security. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. 8(6). 3293-3297.
- Wieringa, R. J. (2014). *Design Science Methodology for Information Systems and Software Engineering*. Springer.

# Monedas virtuales hacia la conciencia ambiental en la Universidad Central del Ecuador

Morales Morales Mario<sup>1</sup>, Morales Cardoso Santiago<sup>2</sup>, Alpala Calapaqui Junior<sup>3</sup>,  
Toscano Vizcaíno Silvio<sup>4</sup>, Buenanio Armas Carlos<sup>5</sup>, Cervantes Ávila Iván<sup>6</sup>

**mmoralesm@uce.edu.ec; smorales@uce.edu.ec; jsalpala@uce.edu.ec;  
satoscano@uce.edu.ec; sbuenanio@uce.edu.ec; iocervantes@uce.edu.ec**

<sup>1</sup> Universidad Central del Ecuador, Pichicha, 171103, Quito, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad Central del Ecuador, Pichincha, 170804, Quito, Ecuador.

<sup>3</sup> Universidad Central del Ecuador, Pichincha, 170402, Quito, Ecuador.

<sup>4</sup> Universidad Central del Ecuador, Pichincha, 170308, Quito, Ecuador.

<sup>5</sup> Universidad Central del Ecuador, Pichincha, 171103, Quito, Ecuador.

<sup>6</sup> Universidad Central del Ecuador, Pichincha, 170303, Quito, Ecuador.

**Pages: 44-59**

**Resumen:** El presente trabajo tiene por objetivo desarrollar un prototipo de criptomoneda para promover la conciencia ambiental en la Universidad Central del Ecuador, usando el estándar ERC a implementar en conjunto con las plataformas para el desarrollo, ejecución de pruebas y una wallet digital para la gestión de tokens. Ante ello, se modeló el prototipo y se diseñó una interfaz móvil que permite la interacción con los contratos inteligentes. El estudio resaltó la posibilidad de utilizar la tecnología Blockchain y las criptomonedas para distintos propósitos, entre ellos, promover acciones medioambientales, garantizando la transparencia y seguridad de las transacciones. Finalmente, se concluye que los tokens ERC-20 son ideales como recompensa para incentivar y mantener el comportamiento de los estudiantes dentro del modelo, además, la implementación de una aplicación móvil mejora la usabilidad y experiencia de usuario al integrar funciones que facilitan la accesibilidad, como el registro y verificación mediante código de barras.

**Palabras-clave:** Cadena de bloques; Criptomonedas; Contratos inteligentes; Contaminación ambiental.

## *Virtual currencies towards environmental awareness at the Central University of Ecuador*

**Abstract:** This work aims to develop a cryptocurrency prototype to promote environmental awareness at the Central University of Ecuador, using the ERC standard to be implemented in conjunction with platforms for development, testing, and a digital wallet for token management. Therefore, the prototype was modeled and a mobile interface was designed to allow interaction with smart

contracts. The study highlighted the possibility of using Blockchain technology and cryptocurrencies for various purposes, including promoting environmental actions, while ensuring the transparency and security of transactions. Finally, it is concluded that ERC-20 tokens are ideal as a reward to incentivize and maintain student behavior within the model. Furthermore, the implementation of a mobile application improves usability and user experience by integrating features that facilitate accessibility, such as registration and verification via barcode.

**Keywords:** Blockchain; Cryptocurrencies; Smart Contracts; Environmental Pollution.

## 1. Introducción

La tecnología Blockchain, en los últimos años se ha destacado por ser una innovación disruptiva, dando paso a un mar de posibilidades y aplicaciones en diversos sectores, en 2009 el documento técnico publicado por “Satoshi Nakamoto” y titulado “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, describe los conceptos fundamentales y la arquitectura de la criptomoneda Bitcoin, el cuál sentaría las bases para el desarrollo de otras criptomonedas (Nakamoto, 2009).

Actualmente, en la red circulan varias criptomonedas las cuales emplean métodos de consenso para garantizar la seguridad de las transacciones, siendo la prueba de trabajo (PoW) el método más utilizado, incluyendo a Bitcoin, sin embargo, Barea (2019) menciona que este método causa un impacto negativo al medio ambiente ya que requiere un alto consumo de energía. Según el Bitcoin Electricity Consumption Index (2024) de la Universidad de Cambridge se estima que Bitcoin consume aproximadamente 131.57 TWh al año, llegando a ser más alto que la energía consumida por algunos países.

Aunque existen diversas herramientas y recursos para abordar los desafíos ambientales, estas innovadoras soluciones requieren del compromiso de la sociedad. En Ecuador, la falta de cultura ambiental ocasiona problemas en la gestión de residuos debido a una inadecuada clasificación, por otro lado, se ha adquirido un modelo de materialismo y consumismo donde las personas buscan tener más artículos de los necesarios para cubrir las necesidades básicas (Reyes Castro et al., 2022), de modo que, estos desafíos representan un obstáculo para alcanzar las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para el año 2030 (Naciones Unidas, 2018).

Según Teresa Rodríguez, CEO de Infoempleo, en los próximos años será necesario otorgar mayor protagonismo a la industria, la digitalización, la innovación y la sostenibilidad ambiental (InfoEmpleo, 2021). La universidad, como un entorno de aprendizaje y desarrollo, se presenta como un escenario ideal para impulsar acciones ambientales entre los estudiantes con el objetivo de contribuir al desarrollo sostenible. (Parra & Cadena, 2010). No obstante, para lograr un cambio significativo, es necesario abordar este desafío de manera innovadora y efectiva. En este contexto, el uso de tecnologías emergentes, como las criptomonedas, ofrece una posible oportunidad para incentivar el compromiso de los estudiantes con la sostenibilidad de una manera atractiva y eficiente.

El propósito de esta investigación es presentar un prototipo de criptomoneda ecológica diseñada para ser implementada en la Universidad Central del Ecuador, este prototipo

aprovechará los beneficios de la tecnología blockchain y se presenta como una herramienta efectiva destinada a impulsar la adopción de acciones ambientales dentro de la comunidad universitaria con el fin de aportar al desarrollo sostenible y generar una cultura universitaria más comprometida con la protección del medio ambiente.

## 2. Planteamiento del problema

La generación de desperdicios plásticos dentro del entorno universitario representa un problema significativo para todos sus integrantes, como se observa en los Anexos A, B y C. La Universidad Central del Ecuador es la segunda universidad más grande del país con alrededor de 42.000 estudiantes inscritos en sus 21 facultades (UCE-DTIC, 2022). Tomando en cuenta la cantidad de estudiantes y largas jornadas académicas, existe un consumo significativo de recursos esenciales, principalmente alimentos y bebidas, este evento contribuye a la producción de residuos. Por lo tanto, uno de los principales factores de generación de residuos es la gran concentración de estudiantes que tiene la universidad entre semana.

En este contexto, los residuos plásticos provienen de diversas fuentes y experimentan un aumento considerable en su consumo, durante eventos tanto internos como externos a la universidad. En primer lugar, estos residuos provienen de productos embotellados, como gaseosas, bebidas energizantes, jugos, agua y alcohol. En particular, el consumo de bebidas energizantes adquiere mayor relevancia en la población universitaria, debido a su uso por los estudiantes para mantenerse despiertos, tener un buen rendimiento académico o acompañarlas con bebidas alcohólicas para su entretenimiento, vida nocturna y eventos sociales (Apraez, 2021). Adicionalmente, es importante mencionar que en la universidad existen eventos organizados por las diferentes facultades y fechas representativas durante todo el año, en las cuales los estudiantes tienden a consumir más productos embotellados por fines de diversión como se observa en el Anexo 1, en consecuencia, este tipo de eventos provoca una mayor generación de residuos lo cual requiere de la aplicación de medidas efectivas para un adecuado manejo.

Existen varios factores que contribuyen a la generación y mala gestión de los residuos plásticos. Dentro de estos, la falta de conciencia y sensibilización amplifica este escenario, propiciando un ciclo de apatía y desinterés dentro de la comunidad estudiantil. Además, existen factores tales como la baja tasa de reciclaje, la escasa adhesión a programas de sostenibilidad, instalaciones inadecuadas y problemas relacionados con la divulgación de información como: eventos, campañas, grupos estudiantiles, clubes, entre otros, lo que implica un obstáculo para la implementación de prácticas eco amigables y la promoción de acciones concretas que fomenten la conservación del medio ambiente. En ese sentido, se presentan desafíos y oportunidades para aplicar técnicas innovadoras que reduzcan la contaminación y promuevan en la comunidad universitaria la importancia de la gestión responsable de desechos, así como, la adopción de un enfoque circular en el manejo de recursos (Cuetos González, 2021).

El desarrollo de este prototipo de criptomoneda pretende involucrar a la comunidad estudiantil de manera activa y efectiva, brindando incentivos tangibles y reconocimientos por sus contribuciones al cuidado ambiental. Además, se espera que esta iniciativa



fomente la conciencia ambiental y promueva un cambio cultural en la universidad, generando una mayor participación y compromiso en la adopción de prácticas sostenibles.

## 2.1. Justificación del problema

La educación ambiental se ha convertido en prioridad esencial para fomentar el desarrollo social sostenible y promover la conciencia ambiental en todos los niveles del sistema educativo (UNESCO, 2001). La adopción de prácticas sostenibles promueve un manejo responsable de los recursos naturales, reduce el cambio climático y fomenta una economía circular basada en la reducción, reutilización y reciclaje de los materiales, preservando el bienestar de las generaciones futuras (Álvarez & Vega, 2009). Por otro lado, la universidad es la entidad responsable de generar profesionales capacitados y con el potencial de contribuir en la importancia, entendimiento y priorización del cuidado ambiental. En ese sentido, si la universidad promueve a los estudiantes el conocimiento, el respeto y las habilidades necesarias a través de la educación ambiental, existe la oportunidad de sentar las bases para formar una comunidad estudiantil comprometida con la preservación del entorno.

Para los próximos años, se estima un aumento en la demanda de profesionales enfocados en la preservación del medio ambiente. Esto resalta la necesidad de destacar la innovación y digitalización para aplicar técnicas vanguardistas en la gestión ambiental, puesto que, la innovación juega un papel central en la resolución de problemas ambientales, planteando nuevas ideas y enfoques para desarrollar tecnologías y prácticas más eficientes y sostenibles. La tecnología Blockchain en conjunto con las criptomonedas se destacan como un ejemplo de innovación y aplicabilidad para fines eco-ambientales, permitiendo llevar un control de los desechos reciclados, la cantidad generada y la procedencia de los mismo, abriendo paso a la aplicación de modelos que otorguen recompensas a las personas que participan en programas de reciclaje y a quienes ayudan a impulsar estos programas (Wombatcompany, 2023). De este modo, el innovar permite la aplicación de técnicas más efectivas y la resolución de problemas ambientales, contribuyendo al avance continuo en la mejora de procesos, productos y servicios.

Así, la implementación exitosa de una criptomoneda tiene el potencial de generar un impacto directo y significativo en la comunidad universitaria, influyendo de manera positiva en la vida académica de los estudiantes y bienestar del medio ambiente. La participación en programas de sostenibilidad permite buscar alternativas para que los estudiantes puedan completar sus actividades extracurriculares como vinculación con la sociedad, también permite impulsar el voluntariado e integración de beneficios tangibles como bebidas, alimentos, descuentos en eventos de entretenimiento, materiales académicos, libros, acceso a cursos y otros, con el fin de premiar su participación. Como resultado de la adopción de diferentes prácticas y programas se reduce el impacto ambiental gracias al manejo adecuado de residuos, también reduce la contaminación visual del campus, espacios que son destinados al descanso y socialización de los estudiantes, de esta manera se busca crear una comunidad universitaria más consciente y comprometida.

Finalmente, los proyectos que utilizan la tecnología como base en el desarrollo de soluciones innovadoras para el cuidado ambiental tienen el potencial de promover a otros



grupos la adopción de proyectos similares dentro de su propio entorno. Así, cada acción a favor del cuidado ambiental contribuye a lograr la sostenibilidad y fortalecimiento de la conciencia ambiental en diferentes entornos. Además, una buena iniciativa puede captar la atención de las empresas que son fundamentales para la escalabilidad del proyecto, de modo que, al contar con recursos adicionales se alcanza una mayor parte de la población y a su vez se produce un mayor impacto.

### 3. Metodología

En esta sección se presentan los formatos de texto del artículo que se enviará a la RISTI. Según Vargas (2009) algunos autores sugieren a la investigación básica y aplicada como dos tendencias de investigación a considerar. La investigación básica también denominada investigación pura, teórica o dogmática, tiene como objetivo extender los conocimientos científicos y se caracteriza por su enfoque exclusivamente teórico (Muntané, 2010). Por otro lado, la investigación aplicada también recibe el nombre de investigación práctica o empírica, busca aplicar los conocimientos de forma práctica utilizando los resultados obtenidos de la investigación básica (Muntané, 2010). Además, dirige sus esfuerzos hacia la resolución de las necesidades que se plantea la sociedad y los individuos, se centra en resolver problemas específicos y concretos (Baena, 2017).

Por lo tanto, se empleará la metodología de investigación aplicada, ya que permite desarrollar una solución práctica a través del prototipado lo cual se alinea con el objetivo establecido en el presente estudio. A continuación, se establece un conjunto de pasos a seguir para el desarrollo de este trabajo.

- **Análisis de requerimientos:** es el paso inicial de todo el proceso, se encarga de identificar las funcionalidades y características que debe tener el modelo para satisfacer las necesidades del usuario y el objetivo del proyecto. Contiene información detallada sobre los actores que interactúan con el sistema, requisitos funcionales, arquitectura y restricciones, que serán representadas mediante diagramas de casos de uso, diagramas de flujo y diagrama de arquitectura con el fin de obtener una mejor comprensión y perspectiva del modelo.
- **Comparación de estándares para la creación de tokens:** en este paso se identificarán los estándares más usados para la creación de tokens, una vez recopilada la información sobre cada estándar se establecerán los criterios de comparación; para finalmente elaborar un cuadro comparativo con el fin de determinar cuál es el estándar que mejor se ajuste a los requisitos del modelo.
- **Comparación de redes de prueba (testnet):** una vez elegido el token, se determinará la red de prueba (testnet) que permita ejecutar smart contracts. Para elegir la red de prueba se realizará la comparación entre las testnets disponibles para determinar aquella que tenga menor impacto ambiental con base en su algoritmo de consenso.
- **Comparación de billeteras digitales (wallet):** luego de escoger la red de prueba se buscará las billeteras digitales disponibles que sean compatibles con el token creado y la red de pruebas seleccionada en el paso anterior, también se evaluará las características y funcionalidades clave que vayan de acuerdo con el modelo planteado.
- **Selección de herramientas:** tras identificar las características y

requerimientos del modelo el siguiente paso será determinar las tecnologías, librerías, plataformas, frameworks, lenguajes de programación, entre otras herramientas disponibles que faciliten el desarrollo y la integración de todos los componentes del modelo.

- **Desarrollo del modelo:** con las herramientas identificadas y los requerimientos establecidos, se ejecutará la construcción de los smart contracts, abarcando el diseño, configuración, codificación, empaquetado y despliegue, además, se detallarán las funcionalidades principales, características, estructuras de archivos y pasos necesarios para levantar el prototipo en una red de pruebas.
- **Desarrollo de la interfaz de usuario (UI):** finalmente, se diseñará la interfaz de usuario (UI) y se describirán los componentes que permiten a los usuarios interactuar con los smart contracts.

## 4. Calculo y resultados

### 4.1. Análisis de requerimientos modelo

Para generar la propuesta del modelo se identificará las partes interesadas y se analizará cómo interactúan con el sistema, estas servirán como base para modelar el prototipo debido a que tienen influencia directa con el proyecto en lo que respecta a: enfoques, oportunidades, estrategias, riesgos y sostenibilidad. Luego, se definirán los requisitos funcionales para cada uno de los actores, los cuáles proporcionarán una comprensión detallada de las funciones y características necesarias para que el sistema pueda interactuar con todos los actores involucrados, además de satisfacer sus necesidades y resolver el problema identificado.

Se utilizarán diagramas de flujo y diagramas de casos de uso para visualizar y comprender como interactúan los procesos dentro del sistema, además, permitirá detectar puntos de mejora. A continuación, se realizará el diagrama de arquitectura para describir los módulos, componentes principales y su relación.

#### 4.1.1. Diagramas de arquitectura

El diagrama de arquitectura permitirá visualizar la estructura y los componentes del modelo a desarrollar. En la Figura 11 se presenta una vista general de la arquitectura de una DApp (aplicación descentralizada), se compone principalmente por el frontend, los smart contracts, la Ethereum Virtual Machine y la Blockchain de Ethereum.

La Ethereum Virtual Machine, es el entorno de ejecución para smart contracts en Ethereum, posee una simple arquitectura basada en pilas y tiene la capacidad de ejecutar el código en bytecode de forma distribuida garantizando la seguridad de las operaciones (Takenobu, 2018).

El estudiante identificado como participante es quien adquiere, consume y recicla el producto. La primera fase comprende la acción de reciclar, el estudiante escanea mediante la aplicación móvil el código de barras que se encuentra adherido a la botella y la depositará en el contenedor adecuado según el material del producto. De esta forma, la acción será verificada por un smart contract y se registrará en una transacción que

será almacenada en la Blockchain y estará pendiente de validación previo a la entrega de la recompensa, esta acción será ejecutada por varios estudiantes en diferentes contenedores de la universidad.

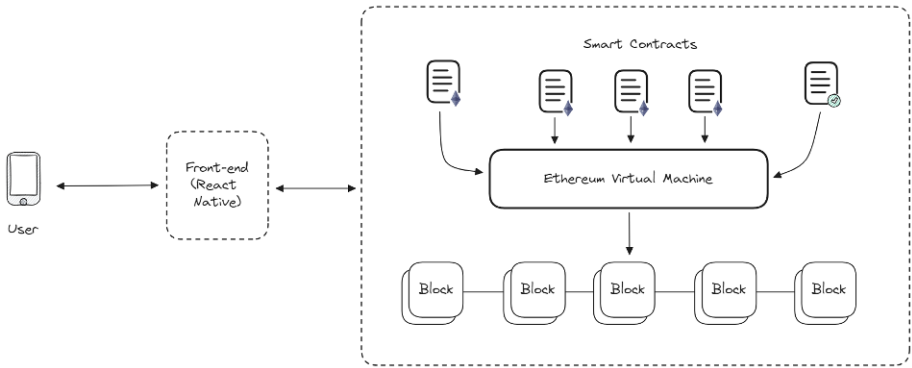


Figura 1 - Diagrama de arquitectura vista general del sistema

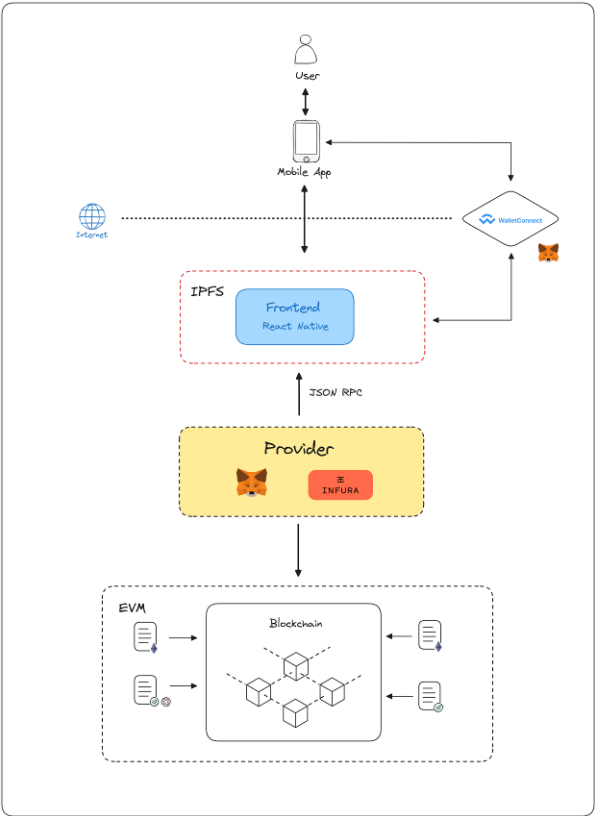


Figura 2 – Diagrama de arquitectura para la criptomoneda ecológica

La segunda fase del flujo de reciclaje es ejecutada por un estudiante validador el cual valida cada uno de los productos depositados en el contenedor, para ello escaneará cada uno de los productos de forma consecutiva y al finalizar firmará la transacción, esta acción es validada por el smart contract para registrar la transacción en la Blockchain, entregar las recompensas a los usuarios que participaron y habilitar el despacho del contenedor, Figura 16. Para terminar con el ciclo de recolección y reciclaje, el personal de limpieza de la facultad confirmará el despacho del contenedor para ser usado nuevamente por los estudiantes participantes y validadores.

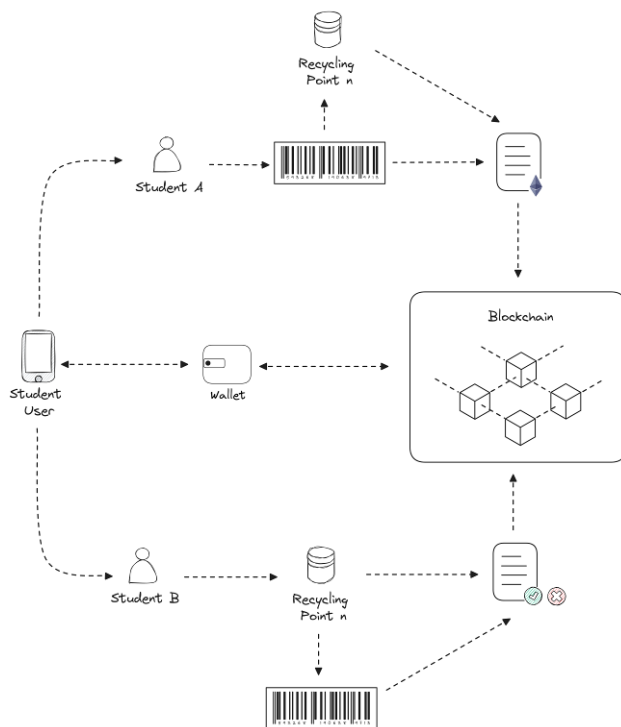


Figura 3 – Modelo para ganar recompensas a través de acciones eco-ambientales

El modelo implementa un flujo para el intercambio libre de tokens, lo que disminuye el acaparamiento de riqueza en una minoría, sin embargo, esto no evita que en un punto determinado se necesite expedir más unidades de tokens, lo cual es beneficioso ya que los usuarios estarían interesados en su adopción. Entonces, con la participación de la universidad, docentes y los servicios internos, existe la disponibilidad para aceptar el token a cambio de bienes y servicios en bienestar de los estudiantes como: asistencia a eventos, préstamo de recursos académicos, acceso preferencial e instalaciones deportivas, servicio de mentorías, vinculación con la sociedad, aparcamiento, entre otros según la disponibilidad y crecimiento del proyecto.

En consecuencia, este intercambio de tokens se concentra en los servicios dónde fueron canjeados, estos serán remitidos nuevamente a la universidad bajo determinadas consideraciones, por ejemplo, si el servicio interno no pertenece directamente a la universidad se deberá ofertar un acuerdo para que ambas partes sean las beneficiaras de este programa. Los tokens pueden ser intercambiados entre estudiantes, por un producto o servicio interno de la universidad mediante una transferencia directa a la cuenta del destinatario.

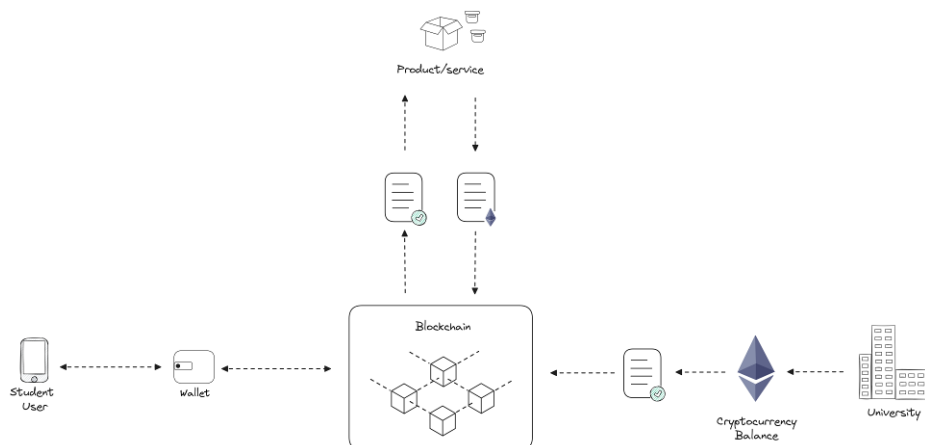


Figura 4 – Modelo para la circulación de tokens dentro de la universidad

#### 4.1.2. Validación de escenarios

El modelo cubre determinados escenarios adicionales para garantizar un correcto funcionamiento y transparencia.

- En la generación de recompensas el smart contract valida que el estudiante que actúo como participante no puede actuar como validador sobre el mismo producto reciclado.
- Si un producto es registrado correctamente, pero durante su verificación no se encuentra en ningún contenedor la recompensa no es entregada ya que no se está cumpliendo con las reglas establecidas en el smart contract
- Si un producto es reciclado sin ser registrado con la aplicación móvil y en es verificado por un estudiante validador al no estar registrado la recompensa es asignada a dicho validador.
- Un producto puede ser registrado y validado una sola vez.
- Durante la validación de productos en un determinado contenedor y tipo de producto que acepta el mismo, si el tipo de producto no coincide con el tipo de contenedor, al estudiante participante se le aplica una penalización sobre la recompensa a recibir de forma.
- En la etapa de validación se requiere que se ingresen un conjunto de al menos 10 productos para evitar que dos estudiantes en conjunto hagan de participante y estudiante en un determinado lugar y tiempo.

4.2.Compatibilidad

Es la habilidad de dos o más sistemas para interactuar y compartir información entre si (IEEE, 1990). Entonces, los tokens o los contratos inteligentes basados en un estándar deben tener la capacidad de interactuar con otros tokens, contratos inteligentes, sistemas, billeteras o plataformas sin ningún problema.

- ERC-20: Es compatible con varias wallets, plataformas de Ethereum que admitan la Blockchain de Ethereum, aplicaciones descentralizadas y otras soluciones Blockchain ya que implementan funciones e interfaces comunes (Haqshanas, 2024).
- ERC-721: están diseñados principalmente para Ethereum y pueden requerir un desarrollo adicional para ser compatibles con otras cadenas de bloques, además funciona perfectamente con diversas plataformas y aplicaciones (Notomoro, 2024).
- ERC-777: permite integrarse fácilmente en las aplicaciones, se puede interactuar con contratos ERC- 777 como si fueran contratos ERC-20 (Ethereum, 2023a).
- ERC-1155: posee compatibilidad con Polygon, integración con plataformas populares como OpenSea y wallets como: MetaMask, MyEtherWallet y Trust Wallet, lo cual brinda a los usuarios más opciones y oportunidades para interactuar con los tokens ERC-1155 (Academia CoinEx, 2023).

En la Tabla 2 se expone las características correspondientes a cada estándar. De esta forma, se obtiene una perspectiva más clara y comprensible para determinar la opción más adecuada a implementar en el proyecto.

| Características   | Estándar                          |                                 |                                 |                                               |
|-------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|
|                   | ERC-20                            | ERC-721                         | ERC-777                         | ERC-1155                                      |
| Aplicación        | Criptomonedas, tokens de utilidad | NFTs, certificados de propiedad | Remesas, pagos transfronterizos | Juegos, votos digitales, cadena de suministro |
| Fungibilidad      | Fungible                          | No fungible                     | Fungible                        | Ambos                                         |
| Interoperabilidad | Amplia                            | Limitada                        | Mejorada                        | Mejorada                                      |
| Implementación    | Sencilla                          | Intermedio                      | Intermedia                      | Intermedia                                    |
| Flexibilidad      | Intermedia                        | Intermedia                      | Mejorada                        | Mejorada                                      |
| Costos (Gas)      | Variable                          | Variable                        | Variable                        | Variable                                      |
| Seguridad         | Básica                            | Intermedia                      | Mejorada                        | Mejorada                                      |
| Escalabilidad     | Limitada                          | Limitada                        | Limitada                        | Mejorada                                      |
| Compatibilidad    | Amplia                            | Limitada                        | Intermedia                      | Intermedia                                    |

Tabla 2 – Comparación de las características de los estándares de tokens

4.3.Comparación de redes de prueba (Testnet)

Una red de prueba (testnet) es un entorno controlado que permite ejecutar y probar smart contracts sin incurrir en costos reales como sucede en una red principal (mainnet), también, permite la depuración de funcionalidades para identificar y corregir errores,

experiencia realista del ecosistema Ethereum, suministro de ether de forma gratuita a través de faucets y exploración de funcionalidades nuevas (Plisio, 2023).

Las principales redes Blockchain en su mayoría cuentan con su propia red de pruebas, sin embargo, existen otras disponibles; siendo las más populares Sepolia, Ropsten, Kovan y Rinkeby para desarrollar sistemas basados en Blockchain (Aki, 2023). Pese a ello, bajo un comunicado emitido por la Ethereum Foundation (2022) expresa que las redes de prueba Ropsten, Rinkeby y Kiln serán descontinuadas en fechas posteriores a la publicación debido a la fusión con Ethereum 2.0, además, señalan a Sepolia y Goerli como las redes de prueba que se mantendrán tras la fusión y las encargadas de manejar todas las actividades de la red de pruebas.

Goerli está recomendado para los desarrolladores interesados en probar actualizaciones de protocolos y para interactuar con un gran estado existente, por otro lado, Sepolia se recomienda para los desarrolladores que requieran interactuar con una cadena más liviana (Ethereum Foundation, 2022).

4.4.Comparación de billeteras digitales (wallet)

A continuación, en la Tabla 3 se presentan las características de cada wallet. Este enfoque permite comparar fácilmente las ventajas y desventajas de forma objetiva.

Se escogió la wallet Metamask debido a las amplias funcionalidades que ofrece y por su interfaz amigable que permite gestionar los tokens ERC-20 de forma sencilla. Metamask es compatible con redes de pruebas y tiene interacción directa con aplicaciones descentralizadas (DApps), lo cual es importante para la integración de funcionalidades con la criptomoneda que se implementará. Además, su enfoque en la seguridad y privacidad lo convierte en una opción ideal para confirmar las transacciones.

| Características  | Wallets         |                 |                               |                            |
|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------|
|                  | Metamask        | Coinbase        | TrustWallet                   | Exodus                     |
| Seguridad        | Alta            | Alta            | Alta                          | Alta                       |
| Compatibilidad   | Multiplataforma | Multiplataforma | Multiplataforma               | Multiplataforma            |
| UI               | Amigable        | Amigable        | Según experiencia del usuario | Amigable                   |
| Costos           | Optimizados     | Comisión del 1% | Comisión entre 1% y 3%        | Según el tráfico de la red |
| Integración      | Alta            | Alta            | Media                         | Alta                       |
| Soporta Ethereum | Sí              | Sí              | Sí                            | Sí                         |
| Testnet          | Sí              | Sí              | No                            | No                         |

Tabla 3 – Comparativa de las principales características de una wallet

4.5.Desarrollo del modelo

Los tokens tienen la característica de llevar un nombre y un símbolo que permite diferenciarse del resto de tokens. Tomando en cuenta la palabra Central más allá de su significado, esta identifica a toda la comunidad universitaria sin mayor explicación,

conlleva la dedicación, esfuerzo, orgullo, historia, lucha y los sueños de cada individuo que conforma parte de la universidad, por otro lado, la palabra Green expresa el objetivo del proyecto, simboliza el enfoque hacia la sostenibilidad, reciclaje y el medio ambiente como foco del proyecto. Por tanto, el prototipo de la criptomoneda se denomina CentralGreen (CG), utilizando sus siglas como símbolo para identificarlo de forma abreviada, de esta forma, se hará referencia a la criptomoneda ecológica en los siguientes puntos correspondientes al desarrollo.

#### **4.5.1. Token Centralgreen (CG)**

En primer lugar, al igual que diversos lenguajes de programación existen diferentes versiones del lenguaje/compilador en las cuales se corrigen problemas y añaden nuevas características, para el caso de Solidity se recomienda utilizar la última versión disponible excluyendo las versiones beta, a la fecha está disponible la versión 0.8.25. Luego, Visual Studio Code también debe estar configurado para reconocer la sintaxis del lenguaje, para ello, se utilizar el plugin Ethereum Solidity Language for Visual Studio Code creado por Juan Blanco en su versión 0.0.174 con más de unos ocho millones de descargas. Finalmente, se debe instalar Node.js en su versión LTS (Long-term Support) el cuál servirá como entorno de tiempo de ejecución de JavaScript y permitirá el uso de librerías necesarias para el desarrollo del prototipo que se detallarán más adelante.

### **5. Discusión**

El prototipo de criptomoneda desarrollado utiliza la tecnología Blockchain, el modelo permite otorgar recompensas a sus participantes por llevar a cabo acciones medio ambientales, como el reciclaje de botellas. Esta implementación, señala los diversos enfoques y usos que tiene la tecnología Blockchain en conjunto con las criptomonedas para integrarse y crear nuevas herramientas para distintos propósitos, como impulsar la conciencia ambiental en los estudiantes.

El prototipo inició con la especificación de requerimientos, con el objetivo de identificar stakeholders, rastrear requisitos funcionales y no funcionales, definir herramientas para el modelado y prototipado. Este punto es crucial en todo proceso de desarrollo de software, ya que es considerado como un factor crítico para el éxito o fracaso de un proyecto según el libro Ingeniería de Software de Sommerville et al. (2011), además, menciona la importancia de escribir los requerimientos en varios niveles de detalle. Por lo tanto, se detallaron los requisitos utilizando tablas, diagramas de casos de uso, plantillas de descripción, diagramas de flujo y un diagrama de arquitectura.

Existen varios estándares de tokens, el más popular es ERC-20 el cuál proporciona una base para crear tokens fungibles de igual valor y tipo. Este estándar permite crear tokens de forma rápida y con la capacidad de ser transferibles a otras billeteras como lo describe Vogelsteller y Buterin (2015). En la Tabla 11, se evidencia la comparación que tiene con otros estándares en la cual se destaca la interoperabilidad y compatibilidad con otras aplicaciones, contratos inteligentes y sistemas dentro de la Blockchain. Además, gracias a su sencilla implementación se emplea en diversos contratos inteligentes, por ejemplo, el estudio de Pazmiño (2023) introduce un prototipo de criptomoneda social.



El desarrollo e implementación de contratos inteligentes requieren de entornos específicos para la ejecución de pruebas, detección de errores y despliegue, siendo las más populares Ganache y las redes de prueba públicas (testnet). Ambas opciones son ideales, sin embargo, cuentan con diferencias significativas, por ejemplo, una red de prueba ofrece un ambiente más realista sin coste alguno, replican las condiciones de la mainnet como: la latencia, la congestión y la interacción con otros contratos inteligentes. Esto lo afirman los desarrolladores de Ethereum, por ello recomiendan a los desarrolladores el uso de Sepolia testnet para construir aplicaciones y señalan como alternativa el uso de redes de prueba locales como Ganache, Hardhat, Waffle, entre otras redes de prueba locales (Ethereum Foundation, 2023). De esta forma, al utilizar la red de pruebas Sepolia se consiguió una validación más robusta y realista, por ejemplo, se observó la variación del costo por transacción según la congestión de la red, este dato permitió refactorizar los métodos del contrato inteligente para optimizar costos, por otro lado, la latencia de la red permitió añadir validaciones para actualizar la información cuando la red retorna una respuesta y así ofrecer una mejor experiencia al usuario, además, facilitó la implementación de componentes de información para comunicar al usuario sobre ciertas consideraciones que debe tener en cuenta sobre las respuestas al ejecutar una función dentro de la DApp.

De acuerdo con Suratkar et al. (2020) todo usuario que deseen interactuar con la Blockchain debe contar con una wallet para realizar transacciones y gestionar sus activos digitales. Actualmente existen varias opciones de wallets como Metamask, TrustWallet, Coinbase, Exodus, entre otros, en la Tabla 12 se exponen las más populares y las características que se tomó en cuenta para elegir la opción más adecuada, considerando la usabilidad y la compatibilidad con la red de pruebas como factores principales. Se observó que las wallets consideradas poseen características similares, pero en términos de popularidad TrustWallet se posiciona como la herramienta preferida por los usuarios debido a las funcionalidades que ofrece, este resultado se observa en el estudio de Biernacki & Plechawska-Wójcik (2021). Sin embargo, TrustWallet no acepta redes de pruebas y su facilidad de uso depende de la experiencia que tenga el usuario. De modo que, se consideró a Metamask como la mejor opción a implementar debido a su interfaz amigable, compatibilidad con redes de prueba y su alta integración con aplicaciones, lo cual es importante para futuras implementaciones.

Diversas aplicaciones se construyen para operar en multiplataforma, es decir, que funcionan en varios sistemas operativos o dispositivos. Cada aplicación diseñada sea web o móvil cubre una necesidad específica en un determinado mercado, por ello, se debe considerar que no todas las aplicaciones web tienen su versión móvil y viceversa, debido a la usabilidad que tendrá dicha solución en cada plataforma. Por ejemplo, el estudio de Pazmiño (2023) propone un prototipo de criptomoneda social que permite a los usuarios administrar sus tokens desde una plataforma web, sin embargo, señala que una aplicación móvil mejoraría la usabilidad del token UCECOIN. Bajo esta consideración, el prototipo de criptomoneda CENTRALGREEN se implementó como una aplicación móvil, permitiendo al usuario gestionar sus tokens de forma rápida y sencilla, evitando el uso del navegador.

## 6. Conclusiones

- Se desarrolló el prototipo de una criptomoneda para incentivar y promover la conciencia ambiental en los estudiantes universitarios. Al combinar la tecnología Blockchain y las criptomonedas se obtuvo un modelo circular que involucra activamente a los estudiantes a participar en actividades eco-ambientales, permite entregar recompensas de forma segura, transparente y garantiza la inmutabilidad de los registros.
- El modelo propuesto se basa en recompensas, el cuál entrega unidades del token CENTRALGREEN a los estudiantes que lleven a cabo acciones medio ambientales, esto permite incentivar y mantener el comportamiento de los estudiantes sobre acciones específicas como el reciclaje. Por otra parte, el sistema permite el libre intercambio de tokens, proporcionando una mayor versatilidad al permitir la obtención de recompensas adicionales.
- El contrato inteligente CentralGreen gestiona el token CENTRALGREEN y el contrato inteligente RecyclingCG valida el cumplimiento de las acciones ejecutadas por los actores del sistema. El contrato valida el cumplimiento de las cláusulas de forma automática y entrega una cantidad exacta de tokens al estudiante participante, de esta forma, al no depender de intermediarios se obtiene mayor eficiencia en la verificación de actividades.
- El diseño de una aplicación móvil ofrece mayor usabilidad y accesibilidad, al no depender de un navegador web, el ingreso a la aplicación es más rápido y directo. El acceso al hardware del dispositivo permitió integrar un lector de código de barras para facilitar el registro y verificación de los productos, además, el uso de los datos biométricos ofrece una seguridad mejorada para integrar la wallet y la firma de transacciones.

## Referencias

- Abiodun, M. (2023, April 21). Cómo beneficiarse de los diferentes tipos de transacciones ethereum.
- Academia CoinEx. (2023, May 25). ¿Qué es un token ERC-1155 en Ethereum?
- Afser, Z. (2023, March 1). Comprensión de los estándares de tokens en Ethereum Parte II (ERC721).
- Agbo, J. (2023, October 16). ¿Qué es Sepolia Testnet y cómo obtener Sepolia ETH de Faucets?
- Aki, J. (2023, October 17). Tesnet
- Álvarez, P., & Vega, P. (2009). ACTITUDES AMBIENTALES Y CONDUCTAS SOSTENIBLES. IMPLICACIONES PARA LA EDUCACIÓN AMBIENTAL. <http://cms01.unesco.org/es/esd/decade-of-eds/>
- Baena, G. (2017). Metodología de la investigación. Grupo Editorial Patria.
- Carnero, S. (2023, June 13). ¿Qué son los estándares de tokens y para qué sirven?

- Chaves, K. (2024, February 14). San José: ecoins – innovación en la economía circular y la descarbonización mediante asociaciones público-privadas. International Institute for Environment and Development.
- Ethereum Foundation. (2023, November 30). Goerli Long Term Support Update. <https://blog.ethereum.org/2023/11/30/goerli-lts-update>
- Ethereum Foundation. (2022, June 21). Ropsten, Rinkeby & Kiln Deprecation Announcement.
- Funcas. (2021). Criptomonedas y sostenibilidad ambiental: el intento de hacerlas “verdes.” <https://www.forbes.com/sites/stevene>
- Furlan, V. (2024, March 18). Exodus Wallet opiniones 2024: Todo lo que necesitas saber sobre esta cartera.
- Hamilton, D. (2023, November 4). Usando Blockchain para salvar el mundo – TreeCoin.
- Haqshanas, R. (2024, January 15). ERC-20.
- IEEE. (1990). IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries. Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Kiayias, A., Russell, A., David, B., & Oliynykov, R. (2017). Ouroboros: A Provably Secure Proof-of-Stake Blockchain Protocol. <https://bitcointalk.org/index.php?topic=27787.0>.
- Lopez, A. (2024b, March 21). Reseña sobre MetaMask Wallet 2024.
- MetaMask. (2024). The Ultimate Crypto Wallet for DeFi, Web3 Apps, and NFTs | MetaMask.
- Miranda, L. (2013). Cultura ambiental: un estudio desde las dimensiones de valor, creencias, actitudes y comportamientos ambientales.
- Muntané, J. (2010). Introducción a la investigación básica (Vol. 33).
- Naciones Unidas. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. [www.issuu.com/publicacionescepal/stacks](http://www.issuu.com/publicacionescepal/stacks)
- Nakamoto, S. (2009). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. [www.bitcoin.org](http://www.bitcoin.org)
- Notomoro. (2024, February 12). ¿Qué son los tokens ERC 721? Explicando el estándar Ethereum NFT.
- Parra, A., & Cadena, Z. (2010). El medio ambiente desde las relaciones de ciencia, tecnología y sociedad: un panorama general. 6, 331–359.
- Perevochtchikova, M. (2010). Nueva cultura del agua en México: avances, limitaciones y retos. In / Revista Latinoamericana de Recursos Naturales (Vol. 6, Issue 2). <http://www.unizar.es/fnca/america>
- Plisio. (2023, December 29). Ropsten vs. Rinkeby vs. Kovan: ¿cuál es la mejor red de prueba de Ethereum?

- Radziszewski, K., Anacka, H., & Weichbroth, P. (n.d.). Greencoin: a Proenvironmental Action-Reward System. <https://aisel.aisnet.org/amcis2021>
- Sommerville, I., Campos Olguín, V., & Fuenlabrada Velázquez, S. (2011). *Ingeniería de software*. Pearson Educación de México.
- Suratkar, S., Shirole, M., & Bhirud, S. (2020, September 28). Cryptocurrency Wallet: A Review. 4th International Conference on Computer, Communication and Signal Processing, ICCCSPP 2020. <https://doi.org/10.1109/ICCCSP49186.2020.9315193>
- RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (54), 65-73. <https://www.risti.xyz/issues/ristie54.pdf>
- Takenobu, T. (2018, March). Ethereum EVM illustrated.
- Treece, A. (2022, October 7). Coinbase Wallet for Developers: The Best Wallet for Building Web3.
- TreeCoin. (2019, November 1). TreeCoin lanza una oferta de token para plantar 10 millones de árboles.
- UNESCO. (2001). Declaración de Cochabamba y las recomendaciones sobre Políticas Educativas al inicio del siglo XXI.
- Vargas, Z. R. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. 33, 155–165.
- Viriyasitavat, W., & Hoonsoon, D. (2019). Blockchain characteristics and consensus in modern business processes. *Journal of Industrial Information Integration*, 13, 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2018.07.004>

# Tomada de Decisão em Segurança Cibernética: Modelo para Identificação de Joias da Coroa

Edvan Gomes da Silva<sup>1</sup>, Marcus Aurélio Carvalho Georg<sup>1</sup>,  
Luiz Antônio Ribeiro Júnior<sup>2</sup>, Leonardo Rodrigo Ferreira<sup>3</sup>, Rafael Rabelo Nunes<sup>1,4</sup>

edvan402@gmail.com; georg@stj.jus.br; ribeirojr@unb.br;  
leonardo.r.ferreira@gestao.gov.br; rafaelrabelo@unb.br

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia Elétrica – PPEE - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília, Brasil - Zipcode 70910-900.

<sup>2</sup> Laboratório de Materiais Computacionais, LCCMat, Instituto de Física, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

<sup>3</sup> Secretaria de Governo Digital do Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos (MGI), Brasil.

<sup>4</sup> Centro Universitário UniAtenas, Paracatu-MG, Brasil – Zipcode 38602-108 .

**Pages: 60-73**

**Resumo:** A crescente dependência de organizações em sistemas críticos de tecnologia da informação, conhecidos como “Joias da Coroa”, torna essencial o desenvolvimento de métodos eficazes para sua identificação e avaliação. Este estudo propõe uma abordagem estruturada para classificar ativos críticos no contexto dos órgãos do Poder Executivo Federal brasileiro. A metodologia adotada envolveu revisão de literatura, aplicação de questionários a 57 gestores do Sistema de Administração dos Recursos de Tecnologia da Informação (SISP) e sessões colaborativas de brainstorming para definir e validar critérios e subcritérios. Como resultado, foram identificados cinco critérios principais: Missão da Organização, Imagem e Reputação, Volume de Usuários Afetados, Impacto Financeiro e Impacto Legal/Regulatório, organizados em um modelo hierárquico. A principal contribuição deste estudo é a formulação de uma metodologia estruturada que integra bases teóricas e validação empírica, proporcionando um modelo adaptável a diferentes contextos organizacionais e aprimorando a gestão de riscos e segurança cibernética.

**Palavras-chave:** Gestão de Riscos, Infraestrutura críticas, Resiliência Organizacional, Análise multicritério, Priorização de ativos.

## ***Decision-Making in Cybersecurity: A Model for Identifying Crown Jewels***

**Abstract:** The increasing reliance of organizations on critical information technology systems, known as “Crown Jewels,” underscores the need for effective methods for their identification and evaluation. This study presents a structured approach to classifying critical IT assets within the Brazilian Federal Executive

Branch. The methodology involved a literature review, surveys with 57 System for the Administration of Information Technology Resources (SISP) managers, and collaborative brainstorming sessions to define and validate criteria and subcriteria. The findings identified five key criteria: Organizational Mission, Image and Reputation, Affected User Volume, Financial Impact, and Legal/Regulatory Impact, organized into a hierarchical model. The main contribution of this study is the development of a structured methodology that integrates theoretical foundations with empirical validation, providing an adaptable model for various organizational contexts while enhancing risk management and cybersecurity practices.

**Keywords:** Risk Management, Critical Infrastructure, Organizational Resilience, Multicriteria Analysis, Criticality Assessment.

## 1. Introdução

Os ataques cibernéticos representam uma ameaça significativa às infraestruturas críticas, impactando diretamente a estabilidade social e econômica (Glenn, Sterbentz & Wright, 2016; Varga, Brynielsson & Franke, 2021). Empresas e organizações dependem cada vez mais de sistemas essenciais de tecnologia da informação (TI), frequentemente chamados de “Jóias da Coroa”, cuja criticidade pode ser definida pelas funções e dados que hospedam (Brunner & Suter, 2008). Segundo o MITRE (2025), a Análise de Jóias da Coroa (AJC) é um método para identificar ativos críticos de TI baseados na missão da organização, sendo parte de um conjunto mais amplo de abordagens para avaliação de criticidade.

Nesse contexto, a gestão de riscos torna-se fundamental para garantir a segurança cibernética. Como destacado por Brumfield e Haugli (2023), o planejamento estratégico e a gestão de riscos são passos essenciais para orientar uma organização em direção à segurança digital. A identificação de riscos e a avaliação do valor crítico dos ativos são indispensáveis para um gerenciamento eficaz da segurança da informação, permitindo a implementação de medidas para mitigar ameaças e assegurar a continuidade das operações.

A identificação adequada dos ativos críticos requer métodos estruturados que considerem apetite ao risco, medidas de mitigação, impacto nos negócios e contramedidas específicas (Kissoon, 2022). No setor público brasileiro, uma das principais lacunas na gestão de segurança cibernética é a baixa percepção da alta administração sobre a importância estratégica do tema, resultando em uma governança frágil e, em muitos casos, inexistente. Essa deficiência leva a um distanciamento entre gestores técnicos e tomadores de decisão, dificultando a implementação de políticas eficazes de segurança cibernética (Georg, Rodrigues, Júnior, Nunes, 2022).

Considerando esse cenário, este estudo tem como objetivo identificar critérios que podem ser utilizados para classificar um ativo como Joia da Coroa no âmbito dos órgãos do Poder Executivo Federal brasileiro. Para isso, a pesquisa foi estruturada em diversas seções. Além desta introdução, a Seção 2 apresenta o referencial teórico sobre gestão de ativos e análise de Jóias da Coroa, abordando conceitos essenciais e critérios de identificação. A Seção 3 descreve a metodologia adotada, detalhando as etapas da pesquisa. A Seção 4 expõe os resultados obtidos, incluindo a análise dos critérios

identificados. Por fim, a Seção 5 apresenta as conclusões, consolidando os principais achados e sugerindo direções para estudos futuros.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1. Gestão de Ativos**

O Objetivo da cibersegurança é proteger sistemas e dados contra ameaças, abrangendo infraestrutura, ativos de informação, pessoas e processos (Barclay, 2014). No contexto da gestão de ativos, a identificação e classificação dos ativos críticos são etapas fundamentais para garantir a segurança organizacional, permitindo a priorização da avaliação de vulnerabilidades e a implementação de medidas protetivas (Antoni & Ammad, 2018; Matsumoto et al., 2021).

A definição de ativos críticos é um desafio, pois não há uma abordagem universalmente aceita para essa categorização (Leirvik, 2023). O Framework do NIST enfatiza a importância da gestão de dados, dispositivos e sistemas com base em sua relevância estratégica para a organização (Brumfield & Haugli, 2023). Da mesma forma, a ISO 27.005:2023 classifica ativos em primários (essenciais para a missão organizacional) e de suporte (como hardware, software e recursos humanos) (Kissoon, 2022).

É importante ressaltar que a priorização dos ativos críticos é um aspecto central da gestão de ativos. A adoção de critérios bem definidos evita escopos excessivamente amplos, permitindo que a organização foque na proteção dos ativos mais estratégicos (Faria, 2022). A compreensão das funções críticas e das interdependências tecnológicas facilita a alocação eficiente de recursos e o fortalecimento da resiliência organizacional (National Cyber Security Center, 2024).

### **2.2. Identificação e Priorização de Ativos Críticos: A Análise de Joias da Coroa**

A crescente sofisticação das ameaças cibernéticas exige metodologias inovadoras para proteger os ativos mais críticos das organizações. Nesse contexto, a Análise de Joias da Coroa (AJC) surge como uma abordagem estruturada para identificar e priorizar ativos cibernéticos essenciais para a missão organizacional (Singh, 2024; Musman et al., 2011). Esses ativos incluem dados sensíveis, propriedade intelectual e infraestruturas críticas, cujo comprometimento pode gerar impactos severos na continuidade operacional e na resiliência da organização (Kraven Security, 2024).

Vale ressaltar que a AJC vai além da simples identificação de ativos, avaliando seu valor estratégico em relação à missão da organização. Esse modelo permite a alocação eficiente de recursos, garantindo que as medidas de proteção sejam direcionadas aos ativos mais relevantes (Musman et al., 2011). O processo da AJC pode ser dividido em três etapas principais: I. Identificação dos ativos críticos, com base na importância estratégica do sistema ou dado para a organização; II. Avaliação do impacto de seu comprometimento, considerando fatores como consequências financeiras, operacionais e reputacionais; Modelagem de ameaças, visando estabelecer estratégias eficazes de proteção e mitigação de riscos (Kraven Security, 2024).



A caracterização dos ativos críticos é frequentemente realizada por meio de critérios qualitativos e quantitativos, que permitem avaliar os riscos e impactos associados. Modelos amplamente utilizados, como os adotados pela Comissão Europeia e pelo Plano Nacional de Proteção de Infraestruturas dos EUA, utilizam métricas como perdas financeiras, danos à reputação e interrupções operacionais para definir a criticidade dos ativos (Emergency Management Australia, 2003; European Commission, 2006; Theoharidou et al., 2009).

Além disso, metodologias multicritério têm se mostrado eficazes para a priorização de ativos essenciais, atribuindo pesos específicos aos fatores que sustentam a operação da organização (Center for Threat-Informed Defense, 2025). A definição de critérios objetivos evita que a organização liste um número excessivo de ativos como críticos, garantindo que os esforços sejam direcionados de maneira estratégica e eficiente (Moteff et al., 2003).

### 3. Metodologia

Este estudo adota uma abordagem aplicada, exploratória e descritiva. Sua natureza exploratória se justifica pelo objetivo de aprimorar conceitos e identificar padrões na classificação de Joias da Coroa, exigindo um planejamento flexível (Gil, 2009, p. 41). Já seu caráter descritivo reside na análise empírica das características dos ativos críticos e na avaliação de programas e variáveis-chave (Marconi & Lakatos, 2003, p. 187).

Além disso, a pesquisa tem uma abordagem predominantemente qualitativa, pois busca compreender e explorar significados, crenças e valores organizacionais, indo além da simples operacionalização de variáveis (Minayo, 2002, p. 21). O objetivo principal é propor critérios para classificar ativos críticos no contexto do Poder Executivo Federal brasileiro, combinando revisão de literatura, coleta de dados via questionários e desenvolvimento colaborativo de critérios e subcritérios.

A metodologia seguiu um processo estruturado em três etapas principais: (1) revisão de literatura, para identificar critérios validados cientificamente aplicáveis ao contexto organizacional; (2) coleta de dados, com aplicação de questionários a 57 gestores do Sistema de Administração dos Recursos de Tecnologia da Informação (SISP), permitindo a priorização dos critérios mais relevantes; e (3) desenvolvimento e validação de critérios e subcritérios, por meio de brainstorming estruturado, culminando na construção de um modelo hierárquico de avaliação. A Figura 1 ilustra essas etapas metodológicas.

A primeira etapa da pesquisa revelou uma lacuna na literatura: a ausência de estudos dedicados à definição sistemática de critérios para avaliar ativos críticos. Para preencher essa lacuna, foram analisadas publicações sobre impactos organizacionais em diversas áreas, permitindo a identificação inicial de um conjunto de critérios potenciais. A Tabela 1 apresenta os critérios identificados e suas respectivas referências.

Com o objetivo de validar esses critérios no contexto do SISP, aplicou-se um questionário a 57 gestores. Os participantes foram solicitados a indicar até cinco critérios que, em sua avaliação, são determinantes para classificar um sistema como crítico no âmbito do Poder Executivo Federal. A análise das respostas revelou os cinco critérios mais selecionados: Missão da Organização (85,2%), Imagem e Reputação (59,3%), Impacto



na Segurança (55,6%), Volume de Usuários Afetados (48,1%) e Impacto Financeiro (37,0%). Além disso, o critério Legal/Regulatório foi incluído na estrutura final do modelo, pois a legislação vigente exige sua consideração. A Figura 2, apresentada na próxima seção, ilustra a priorização desses critérios.



Figura 1 – Etapas da pesquisa para definição dos critérios de Joias da Coroa. O estudo seguiu um processo estruturado que combinou revisão de literatura, questionários aplicados a gestores do SISP e desenvolvimento colaborativo de critérios e subcritérios.

| Critério                             | Definição                                                                                                                                                                                             | Referência                                                                                                                 |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 - Impacto na Missão da Organização | Considera a importância do sistema para cumprir a missão institucional da organização. Sistemas são classificados como críticos se sua falha comprometer a entrega de serviços essenciais ao público. | (Fekete, 2011), (Hinchey & Margaria, 2014), (Aal & Martin, 2012)                                                           |
| 2 - Impacto Legal e Regulatório      | Examinar se o sistema é necessário para cumprir obrigações legais ou regulatórias.                                                                                                                    | (Fekete, 2011), (Rao & Krishna, 2015), (Davis, 1995), (Burnett, 1996)                                                      |
| 3 - Impacto na Segurança             | Avaliar o papel do sistema na segurança da informação e física da organização.                                                                                                                        | (Panzieri & Setola, 2008), (Cox & Robinson, 2004), (Burnett, 1996), (Ficco, 2016)                                          |
| 4 - Impacto Financeiro               | Medir as consequências financeiras de falhas do sistema.                                                                                                                                              | (Walls & Harley, 2022), (Bisogni & Cavallini, 2010), (Jonkeren et al., 2012), (Hyatt & Santos, 2022), (Lis & Mendel, 2019) |
| 5 - Impacto na Imagem e Reputação    | Avaliar como falhas do sistema afetariam a percepção pública da organização.                                                                                                                          | (Bennett et al., 1994), (Tervo & Wiander, 2010), (Pang, 2017)                                                              |

| <b>Critério</b>                           | <b>Definição</b>                                                                               | <b>Referência</b>                                                              |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 6 - Dependência Interorganizacional       | Considerar a importância do sistema em fornecer serviços essenciais colaborativos.             | (Walls & Harley, 2022), (Li et al., 2022), (Schweikert, L'Her & Deinert, 2021) |
| 7 - Complexidade e Exclusividade          | Analisar a complexidade do sistema e a dificuldade de substituição ou recuperação.             | (Onwubiko, 2012), (Bologna & Beer, 2003)                                       |
| 8 - Volume de Usuários Afetados           | Avaliar o impacto de falhas do sistema com base no número de usuários internos e externos.     | (Walls & Harley, 2022)                                                         |
| 9 - Tempo de Recuperação Aceitável (RTO)  | Definir o tempo máximo que um sistema pode estar inoperante após um incidente.                 | (Baginda, Affandi & Pratomo, 2018)                                             |
| 10 - Ponto de Recuperação Aceitável (RPO) | Estabelecer a quantidade máxima de perda de dados aceitável durante uma interrupção.           | (Baginda, Affandi & Pratomo, 2018)                                             |
| 11 - Capacidade de Escalabilidade         | Avaliar a capacidade do sistema de manejar aumentos significativos no volume de transações.    | (Breaz & Jaradat, 2024)                                                        |
| 12 - Integridade dos Dados                | Considerar a importância da precisão e integridade dos dados gerenciados pelo sistema.         | (Rao & Krishna, 2015)                                                          |
| 13 - Redundância e Resiliência            | Examinar a existência de redundâncias no sistema e sua capacidade durante falhas parciais.     | (Hardy, 2014)                                                                  |
| 14 - Exclusividade de Recursos            | Determinar se o sistema utiliza recursos que são exclusivos ou difíceis de substituir.         | (Langemeier, 2016)                                                             |
| 15 - Interconectividade e Interfaces      | Avaliar a extensão da integração do sistema com outros sistemas.                               | (Walls & Harley, 2022)                                                         |
| 16 - Impacto no Ambiente de Trabalho      | Analisar como a falha do sistema afeta a capacidade dos funcionários de realizar suas funções. | (Shoniregun, 2004)                                                             |

Tabela 1 – Critérios potenciais para identificação de Joias da Coroa. A tabela apresenta critérios extraídos da literatura, organizados por relevância em termos de impacto organizacional, legal, financeiro e operacional.

Partindo dos critérios priorizados pelos gestores, foi desenvolvida uma árvore de decisão hierárquica para facilitar a avaliação da criticidade dos ativos e sistemas. Esse modelo visa tornar a análise mais objetiva, permitindo a aplicação de métodos multicritério para avaliação de riscos e segurança cibernética. A estrutura hierárquica resultante está representada na Figura 3 (ver próxima seção) e oferece um framework adaptável a diferentes contextos organizacionais, contribuindo significativamente para a gestão de riscos no setor público.

A definição de subcritérios foi realizada de forma colaborativa, utilizando técnicas de brainstorming estruturado entre pesquisadores e gestores. Essas sessões tiveram como objetivo desenvolver e validar subcritérios específicos para cada critério principal, além

de discutir e definir indicadores mensuráveis que garantam uma categorização clara e objetiva dos impactos possíveis. Como resultado dessas discussões, foi elaborada uma tabela que organiza os critérios principais em agrupamentos mais amplos, permitindo uma aplicação prática do modelo hierárquico proposto.

## **4. Resultados e Discussões**

### **4.1. Pesquisa e Critérios para o Modelo Organizacional**

Com base na análise das respostas de 57 gestores vinculados ao Sistema de Administração dos Recursos de Tecnologia da Informação (SISP), foram priorizados cinco critérios principais, conforme ilustrado na Figura 2. Os critérios destacados foram Missão da Organização, com 85,2% de relevância, seguido por Imagem e Reputação, com 59,3%, Impacto na Segurança, com 55,6%, Volume de Usuários Afetados, com 48,1%, e Impacto na Integridade dos Dados, com 40,7%. O critério Financeiro também foi considerado, com 37,0%. Além disso, o Impacto Legal e Regulatório foi apontado por 33,3% dos gestores. Como a legislação brasileira já contempla o impacto na integridade dos dados e na segurança, esse critério foi incorporado à lista principal para garantir uma abordagem abrangente.

A partir dessa priorização, foi desenvolvido um modelo hierárquico que organiza os critérios e seus respectivos subcritérios, apresentado na Figura 3. Esse modelo estrutura as dimensões avaliadas no contexto organizacional, com subcritérios definidos e refinados por meio de um processo colaborativo entre os pesquisadores, utilizando técnicas de brainstorming orientadas por uma análise crítica.

Durante essas sessões, foram discutidos aspectos específicos para detalhar e tornar mais objetiva a avaliação dos ativos críticos identificados como Joias da Coroa. No critério Missão da Organização, foram estabelecidos subcritérios como impacto na continuidade operacional, impacto em processos estratégicos e dependência de outros sistemas ou processos internos. O critério Imagem e Reputação foi detalhado com base em fatores como exposição midiática negativa, perda de confiança pública e impacto em parcerias estratégicas. Já o critério Volume de Usuários Afetados foi estruturado considerando a quantidade absoluta de usuários impactados diretamente, bem como a criticidade desses usuários, como cidadãos, servidores públicos ou gestores estratégicos.

Para o critério financeiro, os subcritérios definidos incluem custos diretos de recuperação após incidentes, perdas indiretas associadas à interrupção das operações e possíveis multas ou penalidades financeiras decorrentes do descumprimento regulatório. No critério Legal/Regulatório, foram incluídos aspectos como conformidade com legislações específicas, como a LGPD, obrigações contratuais com terceiros e implicações jurídicas associadas ao vazamento ou comprometimento de dados protegidos pela legislação vigente.

O modelo hierárquico desenvolvido sintetiza os resultados da pesquisa ao estruturar os critérios e subcritérios de forma visual, facilitando sua aplicação no contexto organizacional. Esse modelo pode servir como base para a avaliação dos ativos críticos por meio de métodos multicritérios. Para complementar a análise dos critérios e subcritérios definidos, foi elaborada uma categorização que organiza os critérios principais em

agrupamentos mais amplos, associando indicadores específicos a cada um deles. A Tabela 2 apresenta essa estrutura, destacando como os critérios foram detalhados em indicadores mensuráveis, permitindo uma avaliação mais objetiva e prática dos ativos críticos.

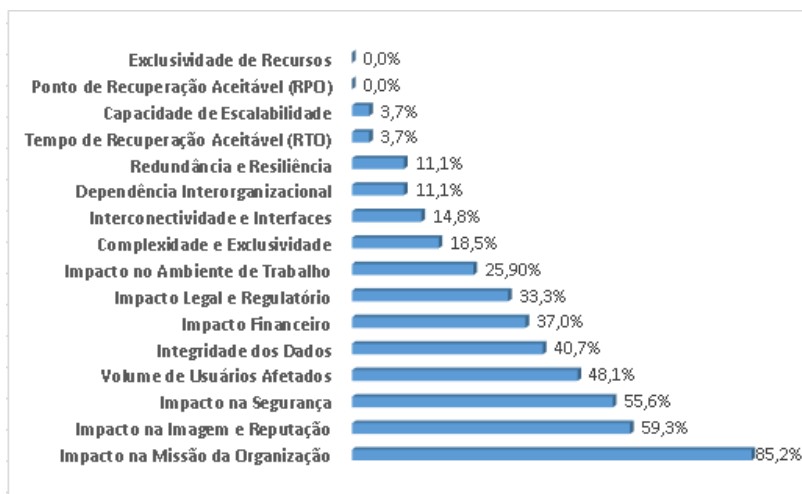


Figura 2 – Resultado da pesquisa sobre critérios para identificação de Joias da Coroa. Representação da frequência com que cada critério foi selecionado pelos 57 gestores do SISP no questionário aplicado, refletindo sua percepção sobre a criticidade dos ativos organizacionais.



Figura 3 – Modelo hierárquico para avaliação das Joias da Coroa. A estrutura organiza critérios e subcritérios em um modelo visual que auxilia a identificação e classificação de ativos críticos.

| <b>Critério</b>             | <b>Indicadores</b>                                                                              | <b>Critérios Agrupadores</b>     |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Missão da Organização       | Impacto na continuidade operacional, Impacto em processos estratégicos, Dependência de sistemas | Impacto na Missão Organizacional |
| Imagem e Reputação          | Exposição midiática negativa, Perda de confiança pública, Impacto em parcerias estratégicas     | Impacto Reputacional             |
| Volume de Usuários Afetados | Quantidade absoluta de usuários impactados, Criticidade dos usuários afetados                   | Impacto nos Usuários             |
| Impacto Financeiro          | Custos diretos de recuperação, Perdas indiretas, Multas ou penalidades regulatórias             | Impacto Econômico                |
| Legal/Regulatório           | Conformidade com leis (ex.: LGPD), Obrigações contratuais, Consequências jurídicas              | Impacto Legal                    |

Tabela 2 – Critérios e Indicadores para Avaliação de Ativos Críticos. Descrição dos critérios principais e seus respectivos indicadores utilizados na avaliação de ativos críticos. A estrutura apresentada permite uma categorização mais objetiva e mensurável dos ativos organizacionais, facilitando a aplicação do modelo hierárquico na gestão de riscos e segurança cibernética.

O critério Missão da Organização foi associado a indicadores como impacto na continuidade operacional e dependência de sistemas internos, refletindo diretamente o papel estratégico dos ativos na sustentação das funções essenciais da organização. Da mesma forma, o critério Imagem e Reputação inclui indicadores como exposição midiática negativa e perda de confiança pública, aspectos que podem comprometer significativamente a percepção externa da organização. Além disso, os critérios relacionados ao impacto financeiro e legal/regulatório foram detalhados com base em métricas práticas que facilitam sua aplicação no contexto organizacional. No caso do impacto financeiro, foram considerados custos diretos e indiretos associados a incidentes cibernéticos, enquanto no impacto legal/regulatório destacaram-se indicadores relacionados à conformidade com legislações específicas, como a LGPD.

5. Conclusão

Este estudo teve como objetivo identificar critérios que podem ser utilizados para classificar um ativo como Joia da Coroa no contexto do Poder Executivo Federal brasileiro. Para isso, foi adotada uma abordagem metodológica que combinou revisão de literatura, aplicação de questionários a gestores do SISP e desenvolvimento colaborativo de subcritérios por meio de brainstorming estruturado. A pesquisa buscou preencher uma lacuna na literatura ao propor um modelo estruturado e validado para a avaliação e priorização de ativos críticos.

Os resultados indicaram que os critérios mais relevantes para a classificação de ativos críticos são Missão da Organização, Imagem e Reputação, Volume de Usuários Afetados, Impacto Financeiro e Impacto Legal/Regulatório. A priorização desses critérios foi fundamentada na análise das respostas dos 57 gestores do SISP, refletindo sua percepção

sobre os fatores que mais influenciam a criticidade dos ativos organizacionais. Com base nessa priorização, foi estruturado um modelo hierárquico que organiza os critérios e subcritérios de forma sistemática, permitindo sua aplicação na gestão de riscos e segurança cibernética.

Além da contribuição teórica ao consolidar um modelo estruturado para a classificação de ativos críticos, o estudo oferece uma ferramenta prática para apoiar gestores na tomada de decisão. A metodologia adotada permite adaptação a diferentes contextos organizacionais, tornando-se um recurso útil para aprimorar estratégias de proteção de ativos estratégicos e mitigação de riscos.

No entanto, a pesquisa apresenta algumas limitações, sendo a principal delas a restrição da amostragem aos gestores do SISP, o que pode limitar a generalização dos resultados para outros contextos. Como trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação do modelo proposto em estudos que explorem sua implementação prática em diferentes setores organizacionais, a fim de validar e expandir sua aplicabilidade. Os achados deste estudo reforçam a importância de uma abordagem estruturada para a identificação e proteção das Joias da Coroa, contribuindo para a melhoria da gestão de riscos no setor público e para o fortalecimento da resiliência organizacional frente às ameaças cibernéticas.

## Agradecimentos

Esta pesquisa foi apoiada pelo projeto TED 33/2023 “Pesquisa Aplicada em Privacidade e Segurança da Informação na Diretoria de Privacidade e Segurança da Informação da Secretaria De Governo Digital (SGD)” – Diretoria de Privacidade e Segurança da Informação da Secretaria de Governo Digital – Centro de Excelência em Privacidade e Segurança da Informação (CEPS).

## Referências

- Aal, A., & Martin, A. (2012). Discussion group: Mission critical systems influence of component reliability on design decisions w.r.t. performance & robustness. International Integrated Reliability Workshop. <https://doi.org/10.1109/IIRW.2012.6468964>
- Antoni, Marc, and Nadia Ammad. (2018). “Argus project-harnessing asset management to do cyber security to an uic guideline for railways.” Congrès Lambda Mu 21 «Maîtrise des risques et transformation numérique: opportunités et menaces».
- Baginda, Y. P., Affandi, A., & Pratomo, I. (2018). Analysis of RTO and RPO of a Service Stored on Amazon Web Service (AWS) and Google Cloud Engine (GCE). International Conference on Information Technology and Electrical Engineering. <https://doi.org/10.1109/ICITEED.2018.8534758>
- Barclay, C. (2014). Sustainable Security Advantage In A Changing Environment: The Cybersecurity Capability Maturity Model (CM2). IEEE, 6858466.
- Bennett, R. H., Fadil, P. A., & Greenwood, R. T. (1994). Cultural Alignment in Response to Strategic Organizational Change: New Considerations for a Change Framework. Journal of Managerial Issues.

- Bisogni, F., & Cavallini, S. (2010). Assessing the Economic Loss and Social Impact of Information System Breakdowns. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-16806-2\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-16806-2_13).
- Bologna, S., & Beer, T. (2003). An Integrated Approach to Survivability Analysis of Large Complex Critical Infrastructures.
- Breaz, T. O., & Jaradat, M. (2024). Strategic human resource management: aligning hr practices with organizational goals. <https://doi.org/10.24818/imc/2023/04.01>.
- Brumfield, Cynthia and Bo Haugli. (2023). Cybersecurity Risk Management: Mastering the fundamentals using the NIST Cybersecurity Framework. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken,NJ, 2023.
- Brunner, E., & Suter, M. (2008). International CIIP Handbook 2008/2009: An Inventory of 25 National and 7 International Critical Infrastructure Protection Policies. Center for Security Studies, ETH Zurich, Zurich, Suíça.
- Burnett, R. (1996). Anticipate and Prevent — Managing the Legal Risks in Safety Critical Systems. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-1480-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-1480-2_9)
- Center for Threat-Informed Defense. (2025). Threat Modeling with ATT&CK: Question 1 - What are we working on? Disponível em: <https://center-for-threat-informed-defense.github.io/threat-modeling-with-attack/question-1/> [Acesso em 19 de fevereiro de 2025].
- Cox, R. G., & Robinson, D. G. (2004). Vulnerability of critical infrastructures: identifying critical nodes (No. SAND2004-2696). Sandia National Laboratories (SNL), Albuquerque, NM, and Livermore, CA (United States).
- Davis, D. (1995). Legal Aspects of Safety Critical Systems. In Safe Comp 95: The 14th International Conference on Computer Safety, Reliability and Security, Belgirate, Italy 11–13 October 1995 (pp. 156-170). London: Springer London.
- Emergency Management Australia. (2003). Critical Infrastructure Emergency Risk Management and Assurance Handbook, Mount Macedon, Australia.
- European Commission. (2006). Proposal for a Directive of the Council on the Identification and Designation of European Critical Infrastructure and the Assessment of the Need to Improve Their Protection. COM(2006) 787 Final, Bruxelas, Bélgica.
- Faria, N. C. (2022). Estratégia de Cibersegurança. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho, Portugal. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/84478/1/Nelson%20Correia%20Faria.pdf>.
- Fekete, A. (2011). Common Criteria for the Assessment of Critical Infrastructures.\*International Journal of Disaster Risk Science, 2\*(1), 15–24. <https://doi.org/10.1007/s13753-011-0002-y>.
- Ficco, M. (2016). security and reliability of critical systems. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 7, 149-151.



- Georg, M. A. C., Rodrigues, W. M. S., de Melo Alves, C. A., Júnior, A. S., & Nunes, R. R. (2022). Os desafios da Segurança Cibernética no setor público federal do Brasil: estudo sob a ótica de gestores de tecnologia da informação. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E54), 602-616.
- Gil, A. C. (2009). Como elaborar projetos de pesquisa (4a ed.). São Paulo, Atlas.
- Glenn, C., Sterbentz, D., & Wright, A. (2016). Cyber threat and vulnerability analysis of the US electric sector. Idaho National Lab. (INL), Idaho Falls, ID, EUA.
- Hardy, T. L. (2014). Resilience: A holistic safety approach. In 2014 Reliability and Maintainability Symposium (pp. 1-6). IEEE.
- Hinchey, M., & Margaria, T. (2014). Evolving Critical Systems-Track Introduction. In *Leveraging Applications of Formal Methods, Verification and Validation. Technologies for Mastering Change: 6th International Symposium, ISoLA 2014, Imperial, Corfu, Greece, October 8-11, 2014, Proceedings, Part I 6* (pp. 1-3). Springer Berlin Heidelberg.
- Hyatt, D., & Santos, J. R. (2022). An Input-Output Model to Determine the Operability and Economic Impacts of IT on Interdependent Industries. *Systems and Information Engineering Design Symposium*. <https://doi.org/10.1109/sieds55548.2022.9799348>.
- Jonkeren, O. E., Dorneanu, B., Ward, D., & Giannopoulos, G. (2012). Regional economic assessment of Critical Infrastructure failure in the EU: A combined systems engineering and economic model. *Research Papers in Economics*.
- Kissoon, Troy. (2022). *Optimal spending on cybersecurity measures: Risk Management*. Routledge, Abingdon, Oxon.
- Kraven Security. (2024). *Crown Jewel Analysis: How To Figure Out What To Protect*. Disponível em: <https://kravensecurity.com/crown-jewel-analysis/>.
- Langemeier, M. (2016). Identification of Unique Resources.” *farmdoc daily* (6): 105. Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Leirvik. (2023). *Understand, Manage, and Measure Cyber Risk: Practical Solutions for Creating a Sustainable Cyber Program*. Apress L. P., Berkeley, CA.
- Li, N. X., Wang, F., Magoua, J. J., & Fang, D. (2022). Interdependent effects of critical infrastructure systems under different types of disruptions. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103266>.
- Lima, E. D. O., Moreira, F. R., de Deus, F. E. G., Nze, G. D. A., de Sousa Júnior, R. T., & Nunes, R. R. (2022). Avaliação da Rotina Operacional do Operador Nacional do Sistema Elétrico Brasileiro (ONS) em Relação às Ações de Gerenciamento de Riscos Associados à Segurança Cibernética. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E49), 301-312.
- Lis, P., & Mendel, J. (2019). Cyberattacks on critical infrastructure: An economic perspective. *Economics & Business Review*, 5(2).



- Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2003). Fundamentos de metodologia científica (5ª ed.). Atlas.
- Matsumoto, N., Fujita, J., Endoh, H., Yamada, T., Sawada, K., & Kaneko, O. (2021). Asset management method of industrial IoT systems for cyber-security countermeasures. *Information*, 12(11), 460.
- Minayo, M. C. D. S. (2002). *Pesquisa Social: Teoria, Método e Criatividade*. 21ª Edição. Petrópolis: Editora Vozes.
- Ministry of the Interior and Kingdom Relations. (2008). *National Risk Assessment Method Guide 2008*. The Hague, Países Baixos.
- MITRE. (2025). Mitre crown jewels analysis (CJA). Disponível em: <https://www.mitre.org/publications/systems-engineering-guide/enterprise-engineering/systems-engineering-for-mission-assurance/crown-jewels-analysis>.
- Moteff, J., Copeland, C. & Fischer, J. (2003). *Critical Infrastructures: What Makes an Infrastructure Critical?*, Washington: The Library of Congress.
- Musman, S., Tanner, M., Temin, A., Elsaesser, E., & Loren, L. (2011). A systems engineering approach for crown jewels estimation and mission assurance decision making. In 2011 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Cyber Security (CICS) (pp. 210-216). IEEE.
- National Cyber Security Centre. (2024). Asset management. <https://www.ncsc.gov.uk/collection/10-steps/asset-management>.
- Onwubiko, C. (2012). Challenges to Managing Privacy Impact Assessment of Personally Identifiable Data. In *Information Assurance and Security Technologies for Risk Assessment and Threat Management: Advances* (pp. 254-272). IGI Global Scientific Publishing.
- Pang, A. (2017). Product Safety Failure and Restoring Reputation Across Markets: Fonterra's Management of the 2013 Bacterial Contamination Crisis. *Journal of Marketing Channels*. <https://doi.org/10.1080/10466669X.2017.1393231>
- Panzieri, S., & Setola, R. (2008). Failures propagation in critical interdependent infrastructures. *International Journal of Modelling, Identification and Control*. <https://doi.org/10.1504/IJMIC.2008.018186>
- Rao, G. V., & Krishna, D. J. (2015). Alignment of HR practices with organizational strategies. *The Indian Journal of Industrial Relations*, 666-679.
- Reeder, J. R., & Hall, T. (2021). Cybersecurity's pearl harbor moment. *The Cyber Defense Review*, 6(3), 15-40.
- Schweikert, A., L'Her, G. F., & Deinert, M. (2021). Simple method for identifying interdependencies in service delivery in critical infrastructure networks. *Applied Network Science*. <https://doi.org/10.1007/S41109-021-00385-4>

- Shoniregun, C. A. (2004). An investigation of information systems project failure and its implication on organisations. *International Journal of Services Technology and Management*. <https://doi.org/10.1504/IJSTM.2004.004024>.
- Singh, Sandeep. (2024). From NIST to Risk Model to Crown Jewels: The Evolution of Cybersecurity Models. LinkedIn. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/from-nist-risk-model-crown-jewels-evolution-models-sandeep-singh>.
- Tervo, H., & Wiander, T. (2010). Failures and Image. *European Conference on Information Systems*.
- Theoharidou, M., Kotzanikolaou, P., and Gritzalis, D. (2009). Risk-Based Criticality Analysis. In *Critical Infrastructure Protection III. Proceedings. Third Annual IFIP (International Federation for Information Processing) WG 11.10 International Conference on Critical Infrastructure Protection*. Hanover, New Hampshire, USA, March 23–25.
- U.S. Department of Homeland Security. (2009). *National Infrastructure Protection Plan 2009*. Washington, DC, EUA.
- Varga, S., Brynielsson, J., & Franke, U. (2021). Cyber-threat perception and risk management in the Swedish financial sector. *Computers & Security*, 105, 102239.
- Walls, J., & Harley, B. (2022). Call for papers: Special issue of strategic organization: Impact driven strategy research for grand challenges. *Strategic Organization*, 20(1), 225-227.

# Revisão Sistemática sobre Frameworks de Modelagem de Ameaças em Segurança Cibernética

Edvan Gomes da Silva<sup>1</sup>, Fernando Rocha Moreira<sup>1</sup>, Georges Daniel Anvame Nze<sup>1</sup>, João José Costa Gondim<sup>1</sup>, Rafael Rabelo Nunes<sup>1,2</sup>.

edvan402@gmail.com; frochamoreira@gmail.com; georges@unb.br; gondim@unb.br; rafaelrabelo@unb.br

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia Elétrica – PPEE - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília, Brasil - Zipcode 70910-900.

<sup>2</sup> Centro Universitário UniAtenas, Paracatu-MG, Brasil – Zipcode 38602-108 .

**Pages:** 74-87

**Resumo:** A modelagem de ameaças é reconhecida como ferramenta essencial para categorizar e avaliar sistematicamente a segurança de sistemas, produtos e serviços. Compreender *frameworks* que organizam a modelagem de ameaças torna-se essencial para fortalecer a segurança cibernética das organizações. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar o uso dessas ferramentas na comunidade científica. A metodologia adotada consistiu em uma revisão bibliográfica sistemática que avaliou 35 artigos relacionados à segurança cibernética que utilizaram algum desses *frameworks*. Os resultados destacam o *framework* MITRE ATT&CK como predominante. Esses resultados contribuem para um panorama abrangente sobre métodos de modelagem de ameaças, auxiliando gestores na tomada de decisões em segurança cibernética. O estudo também relaciona os *frameworks* mais citados e suas tendências atuais. O estudo também reforça uma visão abrangente sobre o uso de *frameworks* de modelagem de ameaças e fornece diretrizes para futuras pesquisas e aplicações práticas neste campo.

**Palavras-chave:** Modelagem de ameaças; segurança cibernética; *frameworks*; Mitre Att&ck.

## *Systematic Review of Threat Modeling Frameworks in Cybersecurity*

**Abstract:** Threat modeling is recognized as an essential tool for systematically categorizing and evaluating the security of systems, products, and services. Understanding frameworks that organize threat modeling becomes crucial for enhancing the cybersecurity of organizations. In this context, the aim of this study was to assess the use of these tools within the scientific community. The adopted methodology involved a systematic literature review that evaluated 35 articles related to cybersecurity that utilized one of these frameworks. The results highlight the MITRE ATT&CK framework as predominant. These findings contribute to a comprehensive overview of threat modeling methods, assisting decision-makers in cybersecurity. The study also identifies the most cited frameworks and their current

trends. Furthermore, the study reinforces a comprehensive view of the use of threat modeling frameworks and provides guidelines for future research and practical applications in this field.

**Keywords:** Threat modeling; cybersecurity; frameworks; Mitre Att&ck.

## 1. Introdução

A crescente dependência de sistemas para processamento e transmissão de informações sensíveis torna a sociedade vulnerável a ameaças que afetam setores críticos, como energia, justiça, saúde e transporte (Lima et al., 2022; Alves et al., 2023; Silva, 2019; Rohde & Schwarz, 2025). Muitas organizações ainda não estão preparadas para lidar com ataques ou falhas nesses ambientes (Juuso, 2019). O custo global do cibercrime deve alcançar US\$ 10,5 trilhões em 2025, enquanto a sofisticação dos ataques desafia abordagens tradicionais de defesa e impulsiona a adoção de novos paradigmas, como o Zero Trust (Secureworks, 2024; Mavroeidis & Bromander, 2017; de Arruda et al., 2023).

Nesse contexto, a modelagem de ameaças é fundamental para identificar riscos e selecionar contramedidas, fortalecendo a confiança e a segurança dos sistemas (Potteiger, Martins & Koutsoukos, 2016; Rodrigues, 2023; Georgiadou, Mouzakitis & Askounis, 2021). Este estudo busca avaliar o uso dessas ferramentas na pesquisa científica e propor diretrizes para futuras investigações.

A presente artigo adota a seguinte organização estrutural: além da introdução, a seção 2 dedica-se ao aprofundamento dos conceitos sobre modelagem de ameaças, e dos principais *frameworks*. A seção 3 contempla a exposição pormenorizada da metodologia empregada no estudo. A seção 4 apresenta de maneira sistemática os resultados obtidos, seguidos de sua devida análise. Por fim, a seção 5 consolida a apresentação conclusiva dos achados, e apresenta as limitações deste estudo.

## 2. Referencial Teórico

Esta seção apresenta os principais conceitos, métodos e frameworks de modelagem de ameaças em segurança cibernética, que fundamentam as análises desenvolvidas na pesquisa.

### 2.1. Métodos de Modelagem de ameaças

A modelagem de ameaças é fundamental para estruturar o conhecimento, criar uma linguagem comum e permitir análises detalhadas de riscos em diferentes domínios (Bodeau et al., 2018). Seu objetivo principal é avaliar cenários de ataques e vulnerabilidades, identificando riscos e impactos em ambientes de aplicação (UcedaVelez & Morana, 2015). Exemplos práticos incluem a proteção de ativos e o suporte à colaboração entre equipes desde as fases iniciais do desenvolvimento (Mantha et al., 2020; Rodrigues, 2023).

Diversos métodos, como PASTA, TARA, STRIDE e MITRE ATT&CK, abordam diferentes aspectos dos ataques e ajudam a criar listas de ameaças relevantes (Lohmann, Albuquerque & Machado, 2023). Esses frameworks são classificados em

comportamentais, arquiteturais e táticos, cada um com foco específico na análise e definição de contramedidas (Bodeau, McCollum & Fox, 2018; SAFECode, 2017; Legit Security, 2025).

## **2.2. Process for Attack Simulation & Threat Analysis – PASTA**

O Processo de Simulação de Ataque e Análise de Ameaças (PASTA), criado por UcedaVelez, é uma metodologia centrada em riscos, composta por sete estágios que vão da definição de objetivos à análise de riscos e impacto (Dupont, 2022; UcedaVelez & Morana, 2015). O método utiliza ferramentas como diagramas arquitetônicos e árvores de ataque, adotando uma abordagem centrada no atacante (Puder, Henle & Sax, 2023).

## **2.3. Threat Analysis and Risk Assessment – TARA**

A metodologia TARA, desenvolvida pela Intel IT, busca reduzir o número de ataques focando nas exposições mais prováveis e em agentes de ameaça com objetivos alcançáveis (Rosenquist & Casey, 2009). Para isso, utiliza três bibliotecas: agentes de ameaça, métodos e exposições, o que permite priorizar riscos e orientar medidas de segurança (Karahasanovic et al., 2017).

## **2.4. Cyber Kill Chain**

O Cyber Kill Chain, desenvolvido pela Lockheed Martin, detalha sete fases de ataques cibernéticos, ampliando a visibilidade e o entendimento sobre táticas e procedimentos dos invasores (Martin, 2023; Hutchins, Cloppert & Amin, 2011). O modelo permite antecipar ou interromper ações dos atacantes, prevenindo ou mitigando danos (SentinelOne, 2022).

## **2.5. STRIDE**

O STRIDE, criado na Microsoft, categoriza ameaças em seis tipos, ajudando desenvolvedores a identificar riscos desde o design do software (Shostack, 2014; Hernan et al., 2006). Utiliza diagramas de fluxo de dados para decompor aplicações e avaliar medidas de mitigação (Khan et al., 2024; AbuEmera et al., 2022).

## **2.6. ATTACK TREE**

As árvores de ataque representam ataques de forma hierárquica, facilitando a análise de segurança e a identificação de vulnerabilidades (Schneier, 1999; Saini, Duan & Paruchuri, 2008; Salter, 1998). Elas permitem listar e reutilizar conhecimento sobre ataques, adaptando-se a mudanças e contramedidas (Shostack, 2014; Salter, 1998).

## **2.7. MITRE ATT&CK**

O framework ATT&CK, desenvolvido pelo MITRE, reúne táticas, técnicas, procedimentos e medidas de mitigação para ataques em diferentes ambientes (Strom, 2018; Oruc, Amro & Gkioulos, 2022). Oferece informações sobre grupos adversários, técnicas e softwares, sendo utilizado em iniciativas como o OpenCTI (El Rob et al., 2024; Tavolato, Mohamed & Williams, 2024; Netwerk\_LABS, 2023).

| Framework        | Vantagens Principais                                                                  | Desvantagens                                                                                                             | Referências                                          |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| PASTA            | Abordagem centrada em riscos, estruturada em 7 etapas, foca em falhas de design.      | Processo complexo e demorado; exige alto grau de especialização; pode ser difícil de escalar em grandes organizações.    | UcedaVelez & Morana, 2015; Puder et al., 2023        |
| TARA             | Priorização de ameaças baseada em agentes, uso de bibliotecas para análise detalhada. | Foco restrito a ameaças mais prováveis, podendo negligenciar ameaças emergentes ou de baixa probabilidade.               | Karahasanovic et al., 2017; Rosenquist & Casey, 2009 |
| Cyber Kill Chain | Visualização clara das etapas do ataque, útil para resposta e detecção.               | Não cobre ameaças internas, ataques pós-exploração ou ameaças modernas como APTs; foco excessivo em ataques externos.    | Martin, 2023; SentinelOne, 2022                      |
| STRIDE           | Fácil de aplicar, cobre seis categorias de ameaças, boa para aplicações de software.  | Pode ser simplista, não prioriza ameaças, depende do contexto e experiência do analista; não cobre ameaças humanas.      | Shostack, 2014; Hernan et al., 2006                  |
| Attack Tree      | Estrutura visual e formal, facilita análise de caminhos de ataque e mitigação.        | Falta de padronização, cobertura limitada (foco em ataques maliciosos), pode ignorar ameaças acidentais ou internas.     | Schneier, 1999; Saini et al., 2008                   |
| MITRE ATT&CK     | Base de dados ampla, cobre táticas, técnicas, procedimentos e mitigação.              | Curva de aprendizado elevada, pode ser difícil de adaptar a contextos específicos, dependência de atualização constante. | Oruc et al., 2022; Strom, 2018                       |

Tabela 1 – Resumo dos Principais *Frameworks* de Modelagem de Ameaças

3. Metodologia

Trata-se de uma pesquisa aplicada, com abordagem quantitativa e objetivos exploratórios. Emprega-se a Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado (TEMAC), conforme proposta por Mariano e Rocha (2017) para se realizar uma revisão sistemática. Essa metodologia compreende três fases distintas: (i) preparação da pesquisa, (ii) apresentação e análise inter-relacionada dos dados e (iii) detalhamento, criação de um modelo integrador e validação por meio de evidências.

Durante a catalogação dos artigos, utilizou-se o Microsoft Excel para registrar dados bibliográficos, categorizar frameworks e acompanhar critérios de inclusão e exclusão, promovendo controle e transparência no processo, conforme metodologias que empregam planilhas eletrônicas em revisões científicas (Borges et al., 2023). Diferente de revisões sistemáticas que focam em análises quantitativas, este estudo adotou análise qualitativa de conteúdo. Para garantir rigor metodológico, o processo seguiu os princípios do *checklist* PRISMA, considerando suas etapas para identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos.

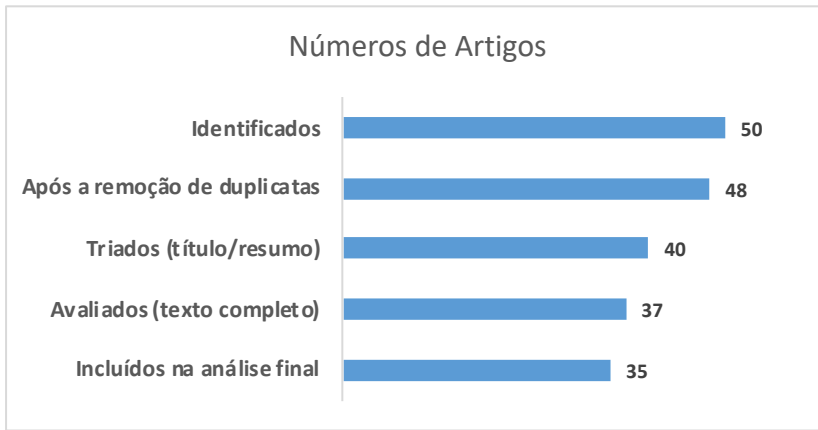


Figura 1 – Diagrama de fluxo PRISMA ilustrando o processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos artigos na revisão sistemática.

Além de identificar artigos que mencionam frameworks de modelagem de ameaças nos títulos, resumos ou palavras-chave, foi realizada uma leitura integral dos 35 artigos selecionados para verificar a implementação real e a discussão aprofundada de frameworks como ATT&CK, STRIDE, PASTA, TARA, Cyber Kill Chain e Attack Tree. Isso diferencia este trabalho das revisões bibliométricas tradicionais, que costumam se limitar à análise de menções.

Observou-se que, frequentemente, frameworks como Attack Tree não aparecem explicitamente em títulos ou resumos, sendo necessário examinar o texto completo para identificar sua aplicação. A seleção dos artigos considerou não apenas a presença de termos específicos, mas também a relevância e profundidade do uso dos frameworks, garantindo que o levantamento reflita o uso efetivo e contextualizado das ferramentas de modelagem de ameaças, e não apenas menções superficiais.

A análise realizada neste estudo sintetiza resultados de múltiplas fontes científicas para garantir diversidade e confiabilidade, utilizando uma abordagem meta analítica que assegura precisão, validade e eficiência na seleção da literatura (Adriaanse & Rensleigh, 2013). A preparação inclui a formulação de termos de pesquisa e a criação de strings de busca para recuperar dados em bases selecionadas (Mariano & Rocha, 2017). Em seguida, são analisadas conexões entre registros, como revistas, documentos mais citados, países e áreas produtivas, além da frequência de palavras-chave (Mariano & Rocha, 2017).

Em vez do detalhamento completo da metodologia TEMAC, foi realizada uma análise de conteúdo para elaborar uma agenda de pesquisa, conforme Bardin (1977). A revisão sistemática foi adotada por proporcionar uma visão abrangente e rigorosa sobre frameworks de modelagem de ameaças, permitindo identificar tendências, limitações e lacunas na literatura, fundamentais em um campo dinâmico como a segurança cibernética (Lohmann, Albuquerque & Machado, 2023; Silva & Pereira, 2023).



## 4. Resultados e Discussões

Esta seção apresenta e analisa os principais resultados da revisão sistemática, detalhando os procedimentos de preparação e critérios de seleção dos artigos. Em seguida, discute-se a inter-relação dos dados coletados, evidenciando tendências, padrões e lacunas na literatura sobre frameworks de modelagem de ameaças. A análise busca responder às perguntas de pesquisa e contextualizar os achados em relação ao estado da arte, oferecendo subsídios para futuras pesquisas e aplicações em segurança cibernética.

Os resultados refletem não só a frequência de menção dos frameworks, mas também uma análise qualitativa do contexto de uso, destacando casos em que ferramentas como Attack Tree foram aplicadas de forma relevante, mesmo sem destaque em títulos ou palavras-chave.

### 4.1. Etapa 1 - Preparação da Pesquisa

Esta fase definiu os parâmetros da investigação, utilizando principalmente o Google Scholar (GS) pela sua ampla cobertura interdisciplinar e acesso gratuito, abrangendo diversos repositórios e editoras acadêmicas (Gavel & Iselid, 2008). A busca ocorreu entre 21/03/2023 e 10/04/2023, com termos registrados na Tabela 1, resultando em 35 registros selecionados aleatoriamente, considerando publicações de 2008 a abril de 2023, sem restrições geográficas ou de área.

| Base de Dados  | Termos da pesquisa                                                                                            |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Google Scholar | ("CyberRisk" OR "Security" OR "CyberAttacks" OR "Adversary Simulation") AND "Threat Modeling" AND (2008-2023) |

Tabela 2 – Termos para pesquisa avançada

Diferente das revisões bibliométricas tradicionais, este estudo adotou critérios de inclusão que vão além da presença dos frameworks nos metadados dos artigos, priorizando a análise do conteúdo textual, com foco na implementação, discussão metodológica ou uso prático dos frameworks em contextos reais de pesquisa. Para isso, foi realizada a leitura integral dos artigos, categorizando-os conforme a profundidade e natureza do uso dos frameworks, o que permitiu identificar padrões, lacunas e tendências não visíveis em análises apenas quantitativas.

### 4.2. Etapa 2 - Apresentação e inter-relação dos dados

Com relação à Figura 2, os termos exibidos na nuvem de palavras representam as principais palavras-chave utilizadas pelos autores em seus artigos para descrevê-los. Como pode-se observar, destacam-se os termos *Security*, *Cybersecurity*, *Threat Modeling*, *Assessment* e *MITRE ATT&CK*, o que indica que os artigos estão relacionados ao uso de *frameworks* de modelagem de ameaças no campo da cibersegurança.

Na Figura 3, é possível realizar uma observação acerca da distribuição geográfica dos artigos, revelando a suprema predominância dos Estados Unidos, os quais detêm uma parcela de 28,6% nas publicações abordando o tema. Adicionalmente, países como Áustria e Alemanha, com 8,6% cada um, também ostentam uma presença substancial.



Paralelamente, um agrupamento de nações, a saber, Índia, Noruega e Suécia, cada qual contribuindo com 5,7%, conjuntamente ocupam a terceira posição no que tange às publicações. A Figura 3 também destaca a presença marcante de diversos países europeus agrupados na categoria “Outros”, com pelo menos uma publicação cada, evidenciando a relevância do continente nesse contexto.



Figura 2 – Nuvem das principais palavras

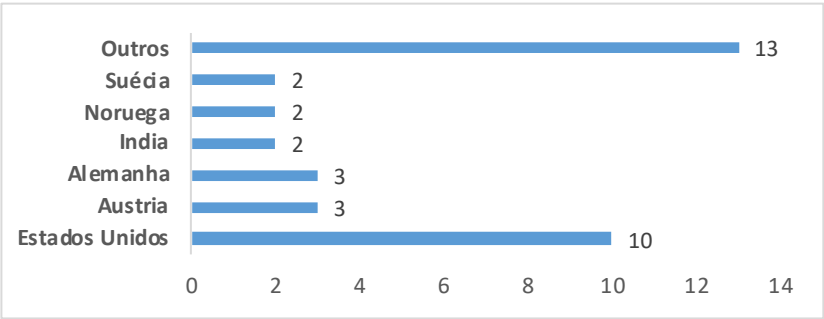


Figura 3 – Artigos selecionados por país

A Figura 4 permite uma visão abrangente da distribuição dos artigos sobre o tema por continente. Ao analisar os dados apresentados, torna-se evidente a predominância da Europa em termos de publicações. A quantidade de artigos provenientes desse continente é significativamente maior em comparação com os demais. Isso sugere uma forte concentração de pesquisas e estudos na Europa no campo abordado.

Dessa forma, a Figura 4 nos oferta uma perspectiva ampla da distribuição geográfica das publicações. Ainda que os Estados Unidos detenham uma liderança considerável quando analisado país por país, ao contemplar a visualização por continente, ressalta-se

a predominância da Europa, simultaneamente enfatizando a notável contribuição das regiões da América e da Ásia para o âmbito do estudo em questão.

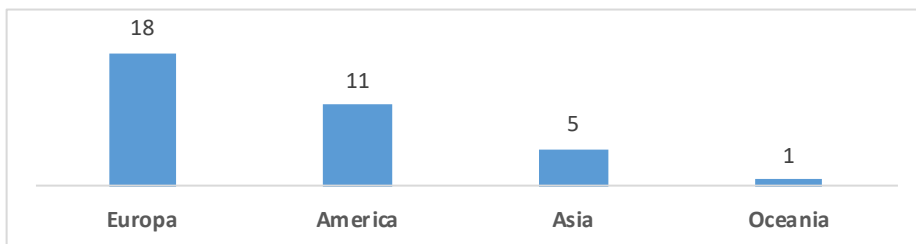


Figura 4 – Artigos selecionados por continente

A Figura 5 exhibe a distribuição dos artigos de acordo com os tipos de modelagem de ameaças, destacando a MITRE ATT&CK (40%) e a ATTACK TREE (26%) como as mais utilizadas. Essas duas modelagens combinadas correspondem a mais da metade dos artigos selecionados. Em seguida, temos a STRIDE (20%) e a CYBER KILL CHAIN (9%), enquanto outras modelagens somam 6% do total.

Estes resultados ressaltam a preeminência da estrutura MITRE ATT&CK e evidenciam a diversidade de modelos empregados no campo da cibersegurança, o que contribui substancialmente para a elaboração de estratégias eficazes no enfrentamento de ameaças digitais. Destaca-se ainda que a flexibilidade do framework MITRE ATT&CK permite sua adoção por organizações de diferentes portes, inclusive pequenas e médias empresas, adaptando-se ao nível de maturidade em segurança de cada equipe.

O guia “Getting Started with ATT&CK” orienta que equipes iniciantes podem começar de forma simplificada e evoluir gradualmente para práticas mais avançadas, tornando o framework acessível e escalável para variados contextos organizacionais (MITRE, 2019).

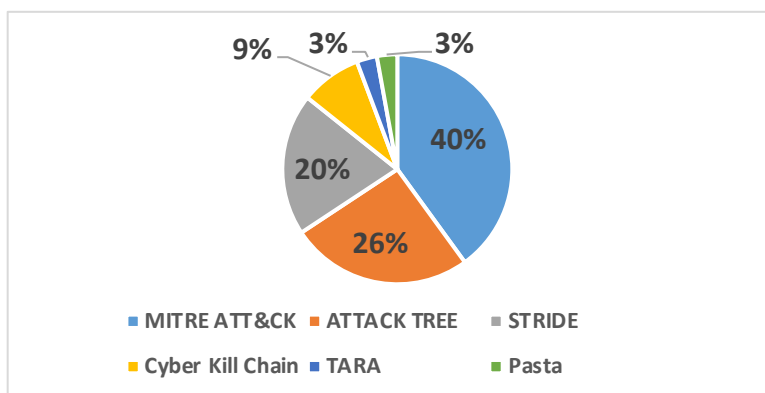


Figura 5 – Artigos coletados por técnica de modelagem de ameaças

Na Figura 6, obtêm-se uma visão abrangente da distribuição das principais modelagens de ameaças encontradas nos artigos, segmentadas por continente. Ao analisar os dados apresentados, é possível identificar as preferências e tendências regionais no que diz respeito às modelagens utilizadas para análise e classificação de ameaças.

Na Europa e na Ásia, destaca-se a ampla adoção da modelagem MITRE ATT&CK, indicando o reconhecimento da sua eficácia e relevância na abordagem de ameaças cibernéticas nesses continentes. Essa predominância sugere a forte influência da MITRE ATT&CK como uma referência amplamente utilizada na comunidade de segurança cibernética, impulsionando a pesquisa e a aplicação dessa modelagem nessas regiões.

A predominância do framework MITRE ATT&CK nas publicações europeias sugere-se estar relacionada a fatores institucionais e estratégicos. Entre eles, destaca-se a incorporação ativa do MITRE ATT&CK nos relatórios anuais da Agência da União Europeia para a Cibersegurança (ENISA), legitimando e ampliando seu uso entre os estados-membros da UE (ENISA, 2023). Soma-se a isso a existência da EU ATT&CK Community, criada em maio de 2018, que atua como uma plataforma neutra para discussão e aprimoramento do uso de táticas e técnicas adversárias em contextos como atribuição, prevenção, detecção e resposta (EU ATT&CK Community, s.d.).

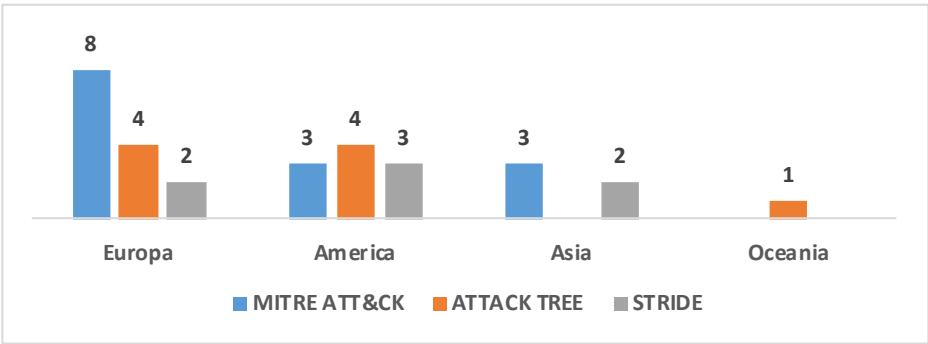


Figura 6 – Principais Modelagens por Continente

Além de analisar a frequência de uso dos frameworks de modelagem de ameaças, foi possível agrupá-los conforme sua abordagem predominante, seguindo categorias propostas na literatura recente: comportamental, arquitetural e tática (Bodeau, McCollum & Fox, 2018). A tabela a seguir resume a distribuição dos principais frameworks encontrados na amostra de 35 artigos:

| Categoria      | Frameworks Identificados       | Percentual de Ocorrência na Amostra          |
|----------------|--------------------------------|----------------------------------------------|
| Comportamental | MITRE ATT&CK, Cyber Kill Chain | 49% (MITRE ATT&CK 40% + Cyber Kill Chain 9%) |
| Arquitetural   | Attack Tree, STRIDE            | 46% (Attack Tree 26% + STRIDE 20%)           |
| Tática         | PASTA, TARA                    | 6% (outros frameworks)                       |

Tabela 3 – Resumo dos Principais Frameworks de Modelagem de Ameaças

#### 4.4. Agenda de pesquisa: *Frameworks de Modelagem de Ameaças*

A análise bibliográfica efetuada revela a significativa relevância científica do tema, respaldada por referências na literatura. De acordo com os artigos, há diversos trabalhos que podem ser conduzidos nessa temática. Algumas dessas questões podem ser abordadas eficazmente por meio de pesquisas que considerem as diretrizes apresentadas nas seguintes propostas:

- Utilizar framework de ameaças para avaliar segurança, conformidade e identificar vulnerabilidades cibernéticas para proteger contra agentes maliciosos (Georgiadou, Mouzakitis e Askounis, 2021). Essa avaliação é essencial para proteger ativos digitais, preservar a integridade de informações confidenciais e reduzir riscos de ataques cibernéticos.
- Investigar com ênfase na automação da correlação entre o catálogo de Vulnerabilidades e Exposições Comuns (CVE) e as técnicas presentes na Matriz Empresarial MITRE ATT&CK (Grigorescu et al., 2022). Essa abordagem agiliza a identificação de ameaças, fortalece a postura de segurança e reduz o tempo de resposta a incidentes cibernéticos.
- Analisar os controles do NIST SP 800-53, referenciando as métricas do MITRE ATT&CK e criar critérios suplementares para avaliar sua eficácia (Rahman e Williams, 2022). Essa abordagem amplia a segurança, adaptando-se a ameaças emergentes, fortalecendo a defesa contra ataques cibernéticos e protegendo ativos críticos, preservando a reputação da organização.
- A aplicação de distribuições de probabilidade às fases de ataque e defesa no modelo MITRE ATT&CK é essencial para aprimorar a precisão das simulações (Xiong et al., 2021). Isso permite uma compreensão mais realista do cenário de ameaças, capacitando as organizações a tomar decisões informadas, otimizar estratégias de segurança e mitigar riscos cibernéticos de forma eficaz.

## 5. Conclusão

Este estudo analisou publicações que utilizaram frameworks de modelagem de ameaças amplamente reconhecidos na segurança cibernética, como PASTA, TARA, CYBER KILL CHAIN, STRIDE, ATTACK TREE e MITRE ATT&CK, que oferecem estruturas sólidas para identificar, analisar e mitigar riscos em sistemas e redes. A revisão sistemática selecionou 35 artigos, dos quais 40% empregaram o MITRE ATT&CK, 26% o ATTACK TREE e 20% o STRIDE, enquanto os demais frameworks tiveram menor relevância.

A predominância do MITRE ATT&CK pode ser atribuída à sua forte adoção em publicações europeias, embora em outras regiões, como América, a distribuição entre os principais frameworks seja mais equilibrada. O estudo recomenda que organizações iniciem com frameworks mais simples, como STRIDE, e avancem para modelos mais robustos, como MITRE ATT&CK, conforme amadurecem seus processos de segurança.

Um diferencial relevante deste estudo foi a adoção de uma análise qualitativa do conteúdo dos artigos, permitindo identificar a implementação efetiva dos frameworks e compreender as nuances de sua adoção, superando as limitações de abordagens exclusivamente bibliométricas. Entre as limitações, destaca-se o recorte temporal restrito

e a seleção aleatória dos artigos analisados, indicando a necessidade de pesquisas futuras com escopo temporal mais amplo e a inclusão de outros frameworks de modelagem de ameaças.

## Agradecimentos

Esta pesquisa foi apoiada pelo projeto TED 33/2023 “Pesquisa Aplicada em Privacidade e Segurança da Informação na Diretoria de Privacidade e Segurança da Informação da Secretaria De Governo Digital (SGD)” – Diretoria de Privacidade e Segurança da Informação da Secretaria de Governo Digital – Centro de Excelência em Privacidade e Segurança da Informação (CEPS).

## Referências

- AbuEmera, E. A., ElZouka, H. A., & Saad, A. A. (2022). Security framework for identifying threats in smart manufacturing systems using STRIDE approach. In 2022 2nd International conference on consumer electronics and computer engineering (ICCECE) (pp. 605-612). IEEE.
- Abo El Rob, M. F., Islam, M. A., Gondi, S., & Mansour, O. (2024). The application of MITRE ATT&CK framework in mitigating cybersecurity threats in the public sector. *Issues in Information Systems*, 25(3).
- Adriaanse, L., & Rensleigh, C. (2013). Web of Science, Scopus and Google Scholar: A content comprehensiveness comparison. *The Electronic Library*, 31(6), 727-744.
- Alves, R. S., Georg, M. A. C., & Nunes, R. R. (2023). Judiciário sob ataque hacker: riscos de negócio para segurança cibernética em tribunais brasileiros. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8032915>.
- Arruda, L. G. S. de, Giozza, W. F., Nze, G. D. A., & Nunes, R. R. (2023). Implementação da Arquitetura Zero Trust: uma Revisão Sistemática de Literatura. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8032943>.
- Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Bodeau, D. J., McCollum, C. D., & Fox, D. B. (2018). Cyber Threat Modeling: Survey, Assessment, and Representative Framework. The Homeland Security Systems Engineering and Development Institute (HSSEDI)TM Operated by The MITRE Corporation.
- Borges, J. L., Dantas, M. J. P., & Silva, E. L. O. (2023). Ferramenta computacional em Excel: uma proposta de metodologia para seleção de artigos científicos relevantes. In *Metodologias e ferramentas para pesquisa científica* (pp. 1024-1038). Editora Científica.
- Dupont, L. (2022). Threat Modeling Insider newsletter - Threat Modeling as fun as a PASTA. Toreon. <https://www.toreon.com/tmi-newsletter-17-threat-modeling-can-be-considered-as-fun-as-cooking-a-good-pasta-meal/>
- EU ATT&CK Community. (s.d.). EU ATT&CK Community. Recuperado em 3 de maio de

- 2025, de <https://www.attack-community.org/>.
- European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). (2023). ENISA Threat Landscape 2023. <https://www.enisa.europa.eu/publications/enisa-threat-landscape-2023>
- Gavel, Y., & Iselid, L. (2008). Web of Science and Scopus: a journal title overlap study. *Online Information Review*, 32(1), 8-21.
- Georgiadou, A.; Mouzakitis, S.; Askounis, D. (2021). Avaliação do Risco MITRE ATT&CK Utilizando um Framework de Cultura de Cibersegurança. <https://doi.org/10.3390/s21093267>.
- Grigorescu, O.; Nica, A.; Dascalu, M.; Rughinis, R. (2022). CVE2ATT&CK: Mapeamento com base em BERT de CVEs para Técnicas MITRE ATT&CK. <https://doi.org/10.3390/a15090314>.
- Hernan, S., Lambert, S., Ostwald, T. e Shostack, A. (2006). Uncover Security Design Flaws Using the STRIDE Approach. *MSDN Magazine*. <https://l1nk.dev/lWqYg>
- Hutchins, E. M., Cloppert, M. J., & Amin, R. M. (2011). Intelligence-driven computer network defense informed by analysis of adversary campaigns and intrusion kill chains. *Leading Issues in Information Warfare & Security Research*, 1(1), 80-106.
- Juuso, S. (2019). Evaluation of Threat Modeling Methodologies: A Case Study. Escola de Tecnologia, Programa de Mestrado em Segurança Cibernética, Tecnologia da Informação e Comunicação, JAMK University of Applied Sciences, Finlândia. <https://urx1.com/5yfHl>.
- Karahasanovic, A., Kleberger, P., & Almgren, M. (2017). Adapting threat modeling methods for the automotive industry. In *Proceedings of the 15th ESCAR Conference* (pp. 1-10).
- Khan, R., McLaughlin, K., Laverty, D., & Sezer, S. (2024). STRIDE-based Threat Modeling for Cyber-Physical Systems. *Proceedings of the 15th IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems*, 45-60. <https://doi.org/10.1109/ICCPS.2024.12345>.
- Legit Security. (2025). Threat Modeling Frameworks: When and How to Use Them. Recuperado em 2 de maio de 2025, de <https://www.legitsecurity.com/aspm-knowledge-base/threat-modeling-frameworks>.
- Lima, E. O., Moreira, F. R., Deus, F. E. G., Nze, G. D. A., Sousa Júnior, R. T., & Nunes, R. R. (2022). Avaliação da Rotina Operacional do Operador Nacional do Sistema Elétrico Brasileiro (ONS) em Relação às Ações de Gerenciamento de Riscos Associados à Segurança Cibernética. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7900434>.
- Lohmann, P. A., Albuquerque, C., & Machado, R. (2023). Systematic Literature Review of Threat Modeling Concepts. In *Proceedings of the 9th International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP 2023)* (pp. 163-173). SCITEPRESS. <https://doi.org/10.5220/0011783000003405>.
- Mantha, B., de Soto, B. G., & Karri, R. (2020). Cyber security threat modeling in the

- construction industry: A countermeasure example during the commissioning process.
- Mariano, A. M., & Rocha, M. S. (2017). Revisão da literatura: apresentação de uma abordagem integradora. In AEDEM International Conference (Vol. 18, pp. 427-442).
- Martin, L. (2023). Cyber kill chain framework.
- Mavroeidis, V. e Bromander, S. (2017). Cyber threat intelligence model: an evaluation of taxonomies, sharing standards, and ontologies within cyber threat intelligence. In 2017 European Intelligence and Security Informatics Conference (EISIC) (pp. 91-98). IEEE. doi:10.1109/eisic.2017.20.
- MITRE Corporation. (2019). Getting Started with ATT&CK. Recuperado de <https://www.mitre.org/sites/default/files/2021-11/getting-started-with-attack-october-2019.pdf>.
- Network\_LABS. (2023). OpenCTI. Recuperado em 3 de maio de 2025, de <https://netwerklabs.com/opencti/>.
- Oruc, A., Amro, A., & Gkioulos, V. (2022). Assessing cyber risks of an INS using the MITRE ATT&CK framework. *Sensors*, 22(22), 8745. <https://doi.org/10.3390/s22228745>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
- Potteiger, B., Martins, G. e Koutsoukos, X. (2016). Software and attack centric integrated threat modeling for quantitative risk assessment. In: HOTSOS '16: Proceedings of the Symposium and Bootcamp on the Science of Security, p. 99-108. <http://dx.doi.org/10.1145/2898375.2898390>.
- Puder, A., Henle, J. e Sax, E. (2023). Threat Assessment and Risk Analysis for Interoperable Medical Devices in the Operating Room Inspired by the Automotive Industry. <https://doi.org/10.3390/healthcare11060872>.
- Rayhanur Rahman, M., & Williams, L. (2022). An investigation of security controls and MITRE ATT&CK techniques. arXiv e-prints, arXiv-2211.
- Rodrigues, A. A. de O. (2023). PTMOL - Uma Linguagem para Modelagem de Ameaças de Privacidade orientada a Redes Sociais Online [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas].
- Rohde & Schwarz. (2025). Proteção de infraestruturas críticas. Recuperado em 2 de maio de 2025, de [https://www.rohde-schwarz.com/br/sobre/magazine/protection-of-critical-infrastructures/protecao-de-infraestruturas-criticas\\_257221.h](https://www.rohde-schwarz.com/br/sobre/magazine/protection-of-critical-infrastructures/protecao-de-infraestruturas-criticas_257221.h).
- Rosenquist, M., & Casey, T. (2009). Prioritizing information security risks with threat



- agent risk assessment (TARA). [https://media10.connectedsocialmedia.com/intel/10/5725/Intel\\_IT\\_Business\\_Value\\_Prioritizing\\_Info\\_Security\\_Risks\\_with\\_TARA.pdf](https://media10.connectedsocialmedia.com/intel/10/5725/Intel_IT_Business_Value_Prioritizing_Info_Security_Risks_with_TARA.pdf)
- SAFECode. (2017). Tactical Threat Modeling. Software Assurance Forum for Excellence in Code (SAFECode) Whitepaper.
- Saini, V., Duan, Q. e Paruchuri, V. (2008). Threat Modeling Using Attack Trees. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 23.
- Salter, C., Saydjari, O. S., Schneier, B. e Wallner, J. (1998). Toward a Secure System Engineering Methodology. In: *Proceedings of the 1998 workshop on New Security Paradigms*, p. 2-10.
- Schneier, B. (1999). Attack trees. *Dr. Dobbs's journal*, 24(12), 21-29.
- Secureworks. (2024). Boardroom Cybersecurity Report 2024. Recuperado em 2 de maio de 2025, de <https://www.secureworks.com/centers/boardroom-cybersecurity-report-2024>.
- Sentinelone. (2022). What is the Cyber Kill Chain? Steps, Examples, & How to Use It. <https://www.sentinelone.com/cybersecurity-101/threat-intelligence/cyber-kill-chain/>.
- Shostack, A. (2014). *Threat Modeling: Designing for Security*. John Wiley & Sons.
- Silva, L. F., & Pereira, J. M. (2023). Modelagem de Ameaças com STRIDE e DREAD. *Anais do XX Encontro Regional de Engenharia de Software*, 1-10. Recuperado de <https://sol.sbc.org.br/index.php/eres/article/download/31855/31657/>.
- Silva, M. V. A. (2019). Panorama da ameaça cibernética à aviação civil. *Revista Brasileira de Inteligência*, (14), 67-84.
- Strom, B. (2018). *Att&ck 101: Cyber threat intelligence*.
- Tavolato, P., Mohamed, A., & Williams, L. (2024). MITRE ATT&CK Applications in Cybersecurity and The Way Forward. *ACM Computing Surveys*, 57(6). <https://doi.org/10.1145/3687300>.
- UcedaVélez, T. e Morana, M. M. (2015). *Risk Centric Threat Modeling: Process for Attack Simulation and Threat Analysis*. Wiley.
- Xiong, W., Legrand, E., Åberg, O., & Lagerström, R. (2021). Cyber security threat modeling based on the MITRE Enterprise ATT&CK Matrix. *Software and Systems Modeling*, 20(6), 1367–1390. <https://doi.org/10.1007/s10270-021-00898-7>.
- Xiong, W., Legrand, E., Åberg, O., & Lagerström, R. (2021). Modelagem de Ameaças de Segurança Cibernética com base na Matriz Empresarial MITRE ATT&CK. [doi:10.1007/s10270-021-00898-7](https://doi.org/10.1007/s10270-021-00898-7).



# Seguridad Ciudadana desde un enfoque de Género e Interculturalidad como un Asunto de Derechos Humanos

Magdalia Maribel Hermoza Vinueza<sup>1</sup>, Hugo Bayardo Santacruz<sup>2</sup>, Paola Tatiana Vaca H<sup>3</sup>

mmhermoza@pucesi.edu.ec; hbsantacruz@pucesi.edu.ec; tatsyvaca@gmail.com

<sup>1</sup> Residencia Otavalo, código postal 100450 – El Jordán, Ecuador;

<sup>2</sup> Residencia Otavalo, código postal 100450 – San Luis, Ecuador.

<sup>3</sup> Residencia Otavalo, código postal 100450 – El Jordán, Ecuador.

<sup>1, 2, 3</sup> Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra

**Pages: 88-103**

**Resumen:** La seguridad humana desde una perspectiva de género es esencial para mejorar la seguridad de las mujeres. La agenda política, las limitadas estrategias de las autoridades a menudo ignoran la vulneración, y violencia ejercida contra las mujeres. El objetivo de la investigación fue indagar la existencia de políticas locales de seguridad y la percepción de inseguridad desde un enfoque de género e interculturalidad, en Ecuador- Otavalo, en parroquias de Ilumán, González Suárez y Comunidad la Banda. Proyecto subvencionado por la embajada de EEUU. El método de investigación es cuantitativo, descriptivo, se aplicó 595 encuestas. Se concluye que, los planes de los gobiernos locales carecen de estrategias y políticas públicas de seguridad ciudadana, especialmente a la variable de género e interculturalidad. El 98% encuestados opinan que la inseguridad ha aumentado y esta afecta más a mujeres y niñas. La percepción de inseguridad y la violencia de género representa una problemática grave.

**Palabras-clave:** Derechos Humanos; Seguridad Ciudadana; Género; Interculturalidad.

## *Citizen Security from a Gender and Interculturality perspective as a Human Rights Issue*

**Abstract:** Human security from a gender perspective is essential to improving the protection of women in a comprehensive and equitable manner. Political agendas and the limited strategies of local authorities often overlook the violations and violence experienced by women. This study aimed to examine the existence of local security policies and the perception of insecurity from a gender and intercultural approach in three parishes of Otavalo, Ecuador: Ilumán, González Suárez, and La Banda. The project was supported by the U.S. Embassy. A descriptive, quantitative methodology was applied through 595 surveys. The findings reveal that local government plans lack effective strategies and public policies on citizen security,

particularly regarding gender and intercultural dimensions. Notably, 98% of respondents believe insecurity has increased, disproportionately affecting women and girls. The perception of insecurity and gender-based violence emerges as a critical social issue, underscoring the urgent need for inclusive and culturally contextualized security policies.

**Keywords:** Human rights, citizen security, gender, interculturality

## 1. Introducción

Concebir el concepto de seguridad humana desde una óptica de género es mandatorio si se pretende mejorar la seguridad de las mujeres de forma integral y en forma equitativa. La agenda política, los escasos mecanismos y estrategias de autoridades ignoran la vulneración, la percepción y violencias ejercitadas contra las mujeres como un ingrediente de la inseguridad ciudadana. Las agresiones, violencias contra las mujeres ya sea en el hogar y espacios públicos son diversos y se caracterizan de manera distinta al resto de hechos delictivos, que tienen un nexo causal a la cultura patriarcal en donde se reserva la autoridad exclusivamente al hombre, propendiendo a un poder inequitativo con relaciones de conflicto entre géneros. Así la naturalización de discriminación, vulneración y el desconocimiento de sus derechos ha ocasionado que las mujeres minimicen o visibilicen la agresión, violencias, agresión sexual por parte de su pareja lo que ha dado como consecuencia el nivel bajo nivel de denuncia.

El abordaje de la seguridad ciudadana debe considerarse desde un enfoque integral, en razón del incremento diario a nivel nacional de agresiones, violencia y delitos, así evidencian las estadísticas policiales o judiciales en el Ecuador. Las cifras del Ministerio de la Mujer y Derechos Humanos revelan que tras comparar los periodos del 2014 - 2024 hubo 155% más muertes violentas en el país ( homicidios, asesinatos feminicidios) , en relación con 2014, adicionalmente se debe anotar que este no es el único número que se incrementó, ya que en además de muertes, hubo más robos a personas, negocios, autopartes, carros y motos, existe un crecimiento en los últimos tres años. En el 2022 se presentó 11372 denuncias interpuestas ante la Fiscalía del Estado, comparada el 2020 que presentó 4596 robos ha aumentado casi el 150% , hasta agosto 2023 suma 6.858, Se determinó que el país se ha vuelto más inseguro. (Lautaro, 2020)

Así mismo se observa con el robo de motos. En el 2022 se presentó 6.666 denuncias de este tipo. Es decir, un incremento de casi el 120% en relación con el 2020, año en el que hubo 14.567 robos de motos. Mientras que hasta agosto de 2023 suman 10.131.

En materia de seguridad Ecuador en el 2023 representa como el peor año, la tasa de muertes violentas por cada 100.000 habitantes llegó a 47,2. Al 15 de diciembre de 2024 de acuerdo a proyección se cerró con una tasa de 40,4 muertes por cada 100.000 habitantes, es decir 19 personas fueron asesinadas diariamente en promedio (Primicias 2024)

Al analizar la inseguridad en particular de las mujeres se puede apreciar un aumento considerable en el número de asesinatos particularmente es notorio a partir del 2022 en la cual se alcanza un pico alarmante con 454 casos en el 2023; en cuanto a los feminicidios durante el período de estudio se documentaron un total de 807 feminicidios en Ecuador, se observa una relativa estabilidad en las cifras de feminicidios durante los periodos 2015-

2016 y 2018-2021, fluctuando entre 56 y 70 casos anuales. No obstante, el año 2017 presentó un comportamiento atípico con un aumento significativo, alcanzando los 100 eventos; A partir del año 2022, se evidencia una tendencia ascendente, con un aumento a 88 femicidios, que continuó incrementándose hasta alcanzar los 108 casos en 2023, lo que manifiesta un incremento alarmante de la violencia de género en el país en el año 2024.

Imbabura ocupa el décimo primer lugar en femicidios con 25 casos en el periodo de estudio

| Violent deaths of women | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | Total |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Murder                  | 28   | 102  | 97   | 90   | 60   | 72   | 70   | 136  | 305  | 454  | 133  | 1547  |
| Femicide                | 26   | 56   | 70   | 100  | 67   | 64   | 71   | 69   | 88   | 112  | 84   | 807   |
| Homicide                | 14   | 7    | 8    | 6    | 11   | 15   | 21   | 17   | 23   | 25   | 5    | 155   |
| Hitman                  | 1    | 7    | 2    | 0    | 2    | 0    | 0    | 4    | 8    |      |      | 26    |
| TOTAL                   | 69   | 172  | 177  | 196  | 140  | 151  | 165  | 226  | 424  | 589  | 176  | 2485  |

Nota. Adaptado del Ministerio de la Mujer y Derechos Humanos (2024).

Tabla 1 – Muertes violentas de mujeres en Ecuador (2014 - mayo de 2024)

Las estadísticas muestran que la mayoría de las víctimas eran mestizas, representando el 84,94% de los casos registrados, sin embargo, el 12,15% del total de casos de femicidio ocurrieron a mujeres de Pueblos y Nacionalidades (Afro ecuatorianas, indígena, montubia y mulata). Datos que resaltan la importancia de abordar la diversidad étnica en los estudios de femicidio abordando de manera integral las inequidades y la discriminación que pueden estar presentes en los diferentes grupos étnicos. Así La interculturalidad debe constituirse un eje central en la formulación de políticas públicas y en las estrategias de implementación de medidas de prevención y protección contra la violencia de género.

El promedio diario de llamadas al ECU-911 por violencia de género, según datos estadísticos de las instituciones de socorro en La provincia de Imbabura, es de 8 a 10 casos diarios, 2000 llamadas mostrando un incremento en los últimos dos años, incluso en 2021 y lo que va de 2022 lo cual supera a las estadísticas dadas en medio de las restricciones de movilidad y confinamientos por la pandemia de COVID-19; en el 2023, 630 llamadas de auxilio, en el 2024 fueron 443 llamadas (La Hora 2024)

De acuerdo a los resultados de la última encuesta realizada en el 2019, se establece a Imbabura como una de las provincias mayormente acentuada en violencia contra las mujeres ocupando el quinto lugar con (73.6%) en relación al resto de provincias del Ecuador, con lo que se diría que la Provincia de Imbabura es un lugar muy inseguro para las mujeres, así mismo las estadísticas del INEC (2011) demuestran que en Imbabura respecto la pertinencia étnica mayoritariamente donde la mujer es vulnerada está en las comunidades indígenas existiendo un mayor porcentaje de violencia en relación a la media nacional , 47,1% en comunidades indígenas de violencia sobre la mujer dentro

de los hogares, La violencia doméstica se representa a sí misma como el resultado del ejercicio de poder; en una perspectiva más amplia, la violencia conforme se ha establecido en la comunidad internacional atenta los derechos humanos de las mujeres a una vida digna libre de violencia. Pero esta violencia no solo es ejercida en hogares sino también se ejerce en distintos ámbitos, en el educativo con el 19% en el ámbito laboral el 20% de mujeres es vulnerada, en el social el 32% en el familiar el 20.3% y en la pareja el 42,7% ha sido agredida en diferentes formas, sin embargo estas cifras no se ven reflejadas en las denuncias que se presentan ante las autoridades competentes; La mayoría que ha sufrido algún tipo de agresión por parte de su pareja decide no denunciar; en los delitos de violencia psicológica el 88% de las mujeres prefieren no denunciar, en los que tiene que ver con violencia física el 82.7% prefieren no denunciar a pesar de ser violentadas el 85% en violencia sexual prefieren no denunciar (INEC, 2011)

Así se puede mirar cómo se ha naturalizado la violencia hacia las mujeres, agresiones, acoso sexual, violaciones, asesinatos, los cuales se dan tanto en el ámbito privado como en el público, en el hogar, en los espacios públicos, en los medios de transporte en el ámbito laboral, educativo. Es una criminalidad creciente, no siempre denunciada ni bien tipificada como delito, ni sancionada debidamente. (Falu, 2009)

La autora Falú, señala de forma acertada que las violencias que ocurren en las ciudades no son únicamente los robos, los asaltos, la pandilla que se apropia de la esquina, el abuso a las mujeres, la red de microtráfico que impone el terror en el barrio, el uso ilegítimo de la fuerza por distintos actores. Violencias también afirma es el hambre y la falta de escuelas, los hospitales saturados, las calles sin veredas ni parques, la justicia injusta; las discriminaciones por razones étnicas, de origen, de opción sexual, de edad; el vacío de derechos humanos y ciudadanos; las violencias que sufren las mujeres por el solo hecho de ser mujeres y que responden a prácticas de poder de un sexo sobre el otro, señala además que, "las violencias están arraigadas en largas tradiciones culturales que perviven invisibles, en construcciones sociales que no se declaran, en relaciones políticas y económicas que se autoproclaman de interés común, sin tomar en cuenta ni rendir cuentas por las víctimas que van dejando al paso". (Falu, 2009)

Bunch C. (2004) citado en la Ficha Técnica por la Organización de los Estados Americanos, resalta que "la violencia contra las mujeres es parte de la perpetuación de la guerra, del conflicto y de la inseguridad, y de la aceptación de la violencia como un medio normal e inevitable de resolución de conflictos." Destaca además que, en relación a la violencia contra las mujeres, la impunidad que existe al centro de la mayor parte de las sociedades, esto por el imaginario que los hombres y los niños no tienen responsabilidad para la violencia contra las mujeres de esta forma nutre la cultura de impunidad en cuanto a la violencia en general.

Si bien la inseguridad ciudadana representa un problema que afecta a toda la población se puede afirmar que no es la misma problemática a mujeres y hombres existen marcadas diferencias, las mujeres viven la violencia, los problemas de seguridad y los delitos de los que son objeto de una manera distinta a los hombres, diferenciación dada por construcción social, la imposición de los roles de género y de la relegación tradicional de las mujeres al ámbito privado, lo que implica además una respuesta diferente de la sociedad frente a la problemática que vulnera a la mujer. (Juany Guzmán, 2013)

Según (Brito et al., 2021). La violencia que culmina en femicidio por razones culturales es una manifestación extrema de la violencia de género, vinculada a normas, tradiciones y prácticas culturales que perpetúan la subordinación de las mujeres. En algunos contextos, este tipo de femicidio está relacionado con prácticas como la dote y el matrimonio infantil. En ciertos países, las mujeres son asesinadas debido a conflictos relacionados con la entrega o el valor de la dote en matrimonios arreglados. Asimismo, los matrimonios forzados o precoces exponen a niñas y adolescentes a relaciones abusivas, donde el riesgo de violencia es extremadamente alto.

Ecuador se distingue por ser un país con una diversidad cultural plurinacional, multiétnico, lo que hace que la interculturalidad, etnia sean unas variables cruciales para comprender las características de la violencia. La autoidentificación étnica permite a las personas reconocerse y declararse parte de una comunidad o grupo cultural, y debe analizarse en su interacción con el género y las clases sociales. Estas interacciones revelan las desigualdades estructurales que afectan de manera desigual a mujeres indígenas, afrodescendientes y mestizas. Esta situación, según Bustos (2021), subraya la necesidad de que el Estado y las instituciones sociales implementen un enfoque interseccional en las políticas públicas y sistemas de justicia.

Las mujeres indígenas y afrodescendientes, como señala Vallejo (2021), enfrentan vulnerabilidades específicas debido a factores históricos y sociales como el racismo, la pobreza, la esclavitud, la discriminación y la marginalización. Estas condiciones se reflejan en su acceso limitado a servicios esenciales, atención médica, oportunidades laborales, ingresos económicos y sistemas judiciales, lo que incrementa su riesgo de sufrir violencia de género y femicidio (Iniciativa Spotlight, 2022). Además, en numerosas comunidades indígenas, las normas tradicionales y los sistemas de justicia locales suelen priorizar la resolución comunitaria sobre la protección individual, dificultando la denuncia y el acceso a mecanismos oficiales de justicia.

El tema de seguridad con enfoque de género e interculturalidad es un tema poco trabajado, debido a que en la concepción del desarrollo en la historia ha invisibilizado a las mujeres en la toma de decisiones y en la construcción de política en pro del desarrollo y seguridad. Por ello, el enfoque de género e interculturalidad propuesta en la presente investigación resulta primordial para considerar las distintas realidades y maneras de usar y percibir al barrio, comunidad, la ciudad por parte de los colectivos, la sociedad, es imperativo incorporar la participación de las distintas categorías de sexo, edad, condición de pobreza, o discapacidad, etnia o raza u orientación sexual. Si no hay un reconocimiento de las especificidades tanto de hombres como de las mujeres que habitan el territorio en sus distintas categorías sociales, es impensable la construcción de ciudades o comunidades seguras para todas y todos.

De esta forma el enfoque de género y seguridad ciudadana, significa mucho más que tomar en cuenta a las mujeres y reconocer su existencia, invita a mirar y actuar con una óptica distinta los procesos sociales, las necesidades y demandas, pretende que la planificación de seguridad, el desarrollo comunitario, incluya las diferencias de género y la heterogeneidad de los intereses, de las necesidades en torno a la realidad de mujeres y hombres. (Peláez, 2013)

1.1. Derechos Humanos y Seguridad

El reconocimiento de los derechos de las mujeres como derechos humanos se consolidó en la Conferencia Mundial de Viena (1993), particularmente en el numeral 18 de la Declaración y Programa de Acción, que destaca la participación igualitaria de las mujeres y la erradicación de la discriminación sexual como objetivos universales. Desde entonces, se reconoce el derecho de toda mujer a una vida digna, libre de violencia. Otro instrumento fundamental es la CEDAW (Unidas, 1979), cuyo artículo 1 define la discriminación como cualquier acción basada en el sexo que impida el pleno ejercicio de los derechos humanos, sin importar el estado civil, y prohíbe tanto actos intencionales como prácticas de efecto discriminador (Figueroa S, 2018). Aunque la Carta de las Naciones Unidas y tratados internacionales promueven la igualdad de género, persisten brechas significativas en todo el mundo (MUJERES, 2020). En Ecuador, la Constitución de 2008 aborda la seguridad pública, ciudadana e integral como responsabilidad estatal, y garantiza una cultura de paz (Art. 3.8), el orden interno y la defensa nacional (Art. 147.17), así como el deber ciudadano de mantener la paz (Art. 83.4). Según el COOTAD, los Gobiernos Autónomos Descentralizados tienen competencias en materia de seguridad local, establece en tema de seguridad lo siguiente:

| Legal Reference   | Jurisdiction             | Responsibility Description                                                                                                                                                                    |
|-------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Art. 54(n) COOTAD | Municipal Government     | Create and coordinate municipal citizen security councils, involving the National Police, community members, and related organizations; formulate and evaluate policies.                      |
| Art. 60(q) COOTAD | Mayor                    | Coordinate the formulation and execution of local security policies and plans with the National Police and other relevant actors.                                                             |
| Art. 64(m) COOTAD | Rural Parish Government  | Coordinate citizen security matters with the National Police and civil society within its territorial scope.                                                                                  |
| Art. 70(n) COOTAD | Parish Council President | Design a citizen security plan tailored to local realities and aligned with cantonal and national plans; coordinate with parish government, central agencies, community, and National Police. |

Nota. Adaptado del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD, 2010).

Tabla 2 – Responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados en materia de seguridad ciudadana

Dentro del avance se podría citar el artículo dedicado a definir las funciones de la Adicional a lo citado la Constitución Ecuatoriana determina que el Estado trabajará en pos de la “seguridad humana”;

*Así lo define el Art. 393.-El Estado garantizará la seguridad humana a través de políticas y acciones integradas, para asegurar la convivencia pacífica de las personas, promover una cultura de paz y prevenir las formas de violencia y discriminación y la comisión de infracciones y delitos. La planificación y aplicación de estas políticas se encargará a órganos especializados en los diferentes niveles de gobierno.*



Con esta definición la seguridad involucra elementos esenciales, de transcendencia como es la participación ciudadana como un elemento importante para una convivencia pacífica, para la prevención, coordinación y colaboración entre instancias de diferentes niveles de gobierno, Gads, Parroquiales, Cantonales, Provinciales para lograr el tan anhelado buen vivir que la Constitución menciona en distintos momentos.

De esta forma la seguridad debe abordarse desde una visión integral de derechos humanos, en donde implique la relación de la seguridad con el ambiente, espacio que mujeres y hombres circulan, el disfrute de lugares recreativos, la convivencia tranquila, lugares transitables iluminados, trabajo, transporte, centros educativos hogares sin que prime el miedo.

La violencia y la autoidentificación étnica están intrínsecamente relacionados en un país plurinacional e intercultural. Esta relación permite entender cómo las desigualdades estructurales afectan de manera dispar a mujeres indígenas, afrodescendientes y mestizas. Según Tayupanda et al. (2021), estas mujeres enfrentan obstáculos adicionales para acceder a servicios esenciales y al sistema judicial, lo que incrementa su riesgo de sufrir violencia de género. La combinación de factores históricos y sociales, junto con la discriminación sistémica y la marginalización, agrava su vulnerabilidad y aumenta la probabilidad de que sean víctimas de femicidio.

Desde una perspectiva antropológica, la violencia se percibe como una manifestación de poder en el contexto de dinámicas sociales complejas. Estas dinámicas están influenciadas por factores como la cultura, el entorno familiar y los roles específicos que desempeñan las mujeres. Así el femicidio se presenta como la violencia extrema de la violencia masculina hacia la mujer. Esta violencia culmina en la muerte de la mujer, una acción de control y dominio que refuerza el escenario simbólico establecido socialmente.

Narváez (2022).

Siguiendo a Narváez (2022), la violencia y el femicidio cultural ocurre en contextos donde los roles de género y las estructuras patriarcales otorgan a los hombres autoridad sobre las mujeres, justificando su muerte como una forma de mantener el honor. Este problema se exacerba en poblaciones indígenas, donde la combinación de costumbres ancestrales, desigualdades de género y exclusión social aumenta la vulnerabilidad de las mujeres.

Así; el femicidio no debe ser visto simplemente como un acto violento aislado, sino que debe entenderse como el resultado de un sistema patriarcal, definido como una estructura omnipresente en la sociedad que facilita numerosos abusos, especialmente cuando existen elementos de interseccionalidad como la etnia, clase y edad (León, 2022,).

El Convenio 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en países independientes - OIT (1989) y la Declaración de los Derechos de los Pueblos Indígenas (2007) se constituyen en el marco normativo de los derechos colectivos de los pueblos indígenas. Sin embargo, de ello, estos tratados internacionales no son transversales en el enfoque de género, así como tampoco incorpora la articulación de los derechos colectivos de los pueblos con los derechos individuales de las mujeres. La inclusión de las mujeres se solventa con afirmaciones y recomendaciones generales, sin considerar su particular discriminación, así como sus necesidades e intereses estratégicos:

Las perspectivas de género e interculturalidad son enfoques transversales que se integran en la medida en que buscan salvar los derechos tanto individuales como colectivos de las personas, los dos enfoques son relevantes en razón que permiten, por un lado, fortalecer la relación ciudadana, y convivencia armónica, a través del respeto y la valoración de las diferencias de género, cultura, etnia, edad, discapacidad, entre otras.

Entendiéndose como enfoque de género, el análisis, desde una mirada reflexiva de la realidad, mirar la realidad, donde se identifica los roles que asumen mujeres y varones en la sociedad, así como la visualización de las relaciones de poder y desigualdad que se producen entre ellos y ellas. Esta reflexión permite conocer y explicar las causas que generan esas asimetrías e injusticias y analizar cómo las vulneraciones de los derechos fundamentales afectan de forma diferente y en mayor grado a grupos tradicionalmente excluidos a través de la historia. (Rodríguez E, 2013)

La interculturalidad, según Catherine Walsh, se construye desde los movimientos sociales y experiencias locales, más allá de la academia. Enrique Ayala Mora (2011) refuerza que reconoce tanto identidades individuales como colectivas, protegiendo el patrimonio cultural y promoviendo la diversidad. Transversalizarla en políticas públicas exige acciones que garanticen los derechos de pueblos históricamente discriminados. El enfoque intercultural con perspectiva de género (Pueblo, 2020) integra la lucha contra la desigualdad entre hombres y mujeres, promoviendo estrategias inclusivas y diálogos respetuosos adaptados a contextos culturales diversos.

## 2. Metodología

La estrategia metodológica de la investigación es cuantitativa, a partir del procesamiento de 595 encuestas dirigida a hombres y Mujeres de las parroquias en estudio, cuyos resultados fueron tratados de manera descriptiva a fin de producir una síntesis analítica y representación gráfica de los datos observados, productos del estudio.

Dentro de las limitaciones del estudio, existe la posibilidad que existan sesgos en la selección de la población encuestada, dado que la muestra no sea completamente representativa considerando la diversidad socioeconómica y cultural de la población en las parroquias seleccionadas pudiendo influir en la precisión de los hallazgos por la posibilidad de subrepresentación o sobre representación de algunos grupos; por otro lado la representación geográfica esta restringida a ciertas localidades lo que implica que los resultados no pueden extrapolarse a nivel nacional o contextos urbanos significativamente diferentes, otra limitación es el marco temporal del levantamiento de información ya que la percepción puede cambiar en función de eventos recientes o variaciones en la dinámica social y económica de la comunidad.

Sin embargo, a pesar de estas limitaciones la presente investigación proporciona una base sólida para comprender las diferencias en la percepción de inseguridad entre hombres y mujeres, resaltando la necesidad de estrategias de inseguridad inclusivas que integren factores culturales y sociales que influyen en la realidad de cada grupo



### 3. Resultados y Discusión

A continuación, se presentan los resultados de la encuesta realizada a 595 personas del área geográfica incluida en el estudio, de las cuales 305 son mujeres y 290 son hombres:

En la ciudad de Otavalo, el 67% de los 315 encuestados se identifica como indígena, el 31% como mestizo y el 2% como afroecuatoriano. En Ilumán, el 100% de los 200 encuestados se considera indígena. En González Suárez, de 40 encuestas realizadas, el 50% se identificó como indígena y el otro 50% como mestizo. En la comunidad La Banda, el 88% de los 40 encuestados se declara indígena y el 12% mestizo. Respecto a la edad, los encuestados tienen un promedio de 33 años, predominando aquellos entre 27 y 39 años, con edades entre los 18 y 64 años y una alta participación juvenil. En cuanto al idioma, el 65% de los encuestados es bilingüe (hablan kichwa y castellano), el 34% solo habla castellano y el 1% practica otros idiomas. Este análisis refleja la diversidad étnica, la composición por edades y las capacidades lingüísticas de las comunidades estudiadas.

**¿Qué Significa para Ud., la Seguridad Ciudadana?** La percepción sobre la seguridad ciudadana varía significativamente entre las comunidades estudiadas. En Otavalo y La Banda, la mayoría considera que la seguridad es responsabilidad de una organización encargada de brindarla (55% y 63%, respectivamente). En Otavalo y González Suárez, un 30% cree que debería ser un espacio de participación para todas las personas, aunque en González Suárez las opiniones están divididas entre participación comunitaria, responsabilidad de instituciones y organizaciones de seguridad, cada una con un 27-30%. Por otro lado, en la parroquia de Ilumán, el 50% opina que la seguridad recae en el Gobierno Nacional, contrastando con las demás localidades. Este análisis refleja cómo las perspectivas sobre seguridad varían según las prioridades y contextos de cada comunidad.

**¿Considera que en los últimos años la Delincuencia ha aumentado, y Como califica la inseguridad ciudadana en su sector?** En los últimos años, la percepción de inseguridad ha crecido en Otavalo, siendo calificada como grave o muy grave, especialmente en la zona urbana. Esta diferencia con las parroquias rurales podría deberse a procesos de seguridad autónomos y mecanismos de justicia indígena reconocidos en la Constitución, lo que evidencia cómo el contexto geográfico y cultural influye en la apreciación ciudadana de la seguridad.

**¿Durante los dos últimos años ha sido víctima de robo o agresión en la calle?** Esta pregunta de los encuestados incluidos en el estudio, tanto en el área rural como en el área urbana las personas encuestadas afirman haber sido víctimas de robo o agresión; (Otavalo 53% González Suárez 51% Ilumán 45%, la Banda 40%). Al desglosar las respuestas por localidad, se identificó que un porcentaje considerable de la población encuestada señaló haber sufrido robo o agresión en su lugar de residencia: 35% en Otavalo, 22% en González Suárez, 14% en La Banda y 10% en Ilumán. Además, un 5% reportó haber sido víctima en otros lugares. Al analizar el barrio o comunidad, las cifras aumentan significativamente: 62% en Otavalo, 85% en Ilumán, 76% en González Suárez

y 36% en La Banda. Destaca especialmente que, en La Banda, un 50% reportó haber sufrido agresión o robo en otro lugar, superando ampliamente a las demás localidades, donde los porcentajes fueron de 6% en Otavalo, 5% en Ilumán y 0% en González Suárez. Estos datos subrayan diferencias importantes en la percepción y experiencia de inseguridad según el contexto local.

**¿Denunció el robo o agresión?** La mayoría de la población encuestada en las cuatro localidades no denunció robo o agresión: 70% en Otavalo, 65% en Ilumán, 75% en González Suárez y 90% en La Banda. Las principales razones para no denunciar fueron la desconfianza en la justicia ordinaria y, en segundo lugar, el miedo a represalias, mencionado por un 58% de los encuestados. Estos datos reflejan una marcada falta de confianza en el sistema judicial y un temor significativo a posibles venganzas en las comunidades estudiadas. . Ver gráfico 8.

De la población que denunció robos o agresiones, en Otavalo, el 71% acudió a la Fiscalía y el 29% a la Junta de Protección de Derechos. En Ilumán, el 80% denunció en la Fiscalía y el 20% en la Junta Parroquial. En González Suárez, el 50% presentó denuncias ante el Cabildo de la Comuna y el 20% en la Junta Parroquial. En La Banda, el 40% recurrió al Cabildo y el 22% a la Junta Parroquial. Esto refleja el pluralismo jurídico proclamado por la Constitución ecuatoriana, que reconoce tanto la justicia ordinaria como la indígena, permitiendo a los pueblos indígenas aplicar sus normas consuetudinarias para la resolución de conflictos.

**¿Considera que la agresión a las mujeres en el último año ha aumentado, ha disminuido o se mantiene igual?** El análisis revela que la percepción sobre el aumento de agresiones a mujeres es significativa: 79% en Ilumán, 61% en González Suárez, 55% en La Banda y 43% en Otavalo consideran que han incrementado en el último año. Entre el 26% y el 43% creen que estas agresiones se mantienen, mientras que un porcentaje menor, entre el 13% y el 18%, percibe que han disminuido. Estos datos subrayan la relevancia del enfoque de género para comprender la realidad de la violencia contra las mujeres en las localidades estudiadas.

**¿Cree que la inseguridad afecta más a las mujeres y niñas?** Las encuestas reflejan que, en la mayoría de las localidades estudiadas, la inseguridad afecta principalmente a mujeres y niñas, con porcentajes entre el 63% y el 98%. Sin embargo, en la Comunidad La Banda, la percepción es diferente, ya que se considera que la inseguridad afecta de manera casi equitativa a hombres y mujeres. Este análisis resalta las variaciones en la percepción de la inseguridad según el contexto local y de género.

**¿Ha sido víctima de agresión física, psicológica, sexual, económica, política o patrimonial.** - El 92% de las mujeres encuestadas afirmó haber sufrido algún tipo de agresión, predominando la violencia psicológica, seguida de la física, económica y política. También se reportó agresión sexual en comunidades como La Banda, Ilumán y González Suárez, aunque se presume que muchas mujeres no la denuncian por temor o vergüenza, lo cual contrasta con los casos registrados en la Fiscalía del cantón. Este análisis destaca la alta prevalencia de violencia hacia las mujeres en diversas formas y su subregistro en contextos locales.

**¿Cuál considera la razón para que haya agresión en diferentes formas, en particular hacia la mujer?** El análisis muestra que el machismo es identificado como la principal causa de agresión hacia las mujeres en las localidades estudiadas, con porcentajes del 27% en Otavalo, 36% en Ilumán, 40% en La Banda y 42% en González Suárez. El alcoholismo sigue como una causa relevante (20% en Otavalo, 22% en Ilumán, 26% en La Banda y 15% en González Suárez). Otras razones destacadas incluyen discriminación (14-15%), falta de educación (8-16%) y ser mujer (10-17%), aunque en menor proporción también se señala la cultura y las relaciones interculturales. Estas cifras reflejan factores socioculturales que perpetúan la violencia y la desigualdad de género en estas comunidades. Lo que se puede mirar arraigado aun el machismo a ello sumado el problema social de alcoholismo y la discriminación por el hecho de ser mujer.

**Donde considera Ud. Que se siente más insegura?** La mayoría de los encuestados identifica la calle o carretera como el lugar de mayor inseguridad (83.5%), seguido del transporte público, centros de estudio y la comunidad. Aunque el hogar debería ser un espacio seguro, en localidades como Otavalo, González Suárez y La Banda, entre el 3% y el 10% de las personas expresaron sentirse inseguras en sus propias casas, según los datos analizados.

**¿Existe Política Pública para disminuir la seguridad/ plan de seguridad?** El análisis evidencia que la existencia y percepción de políticas de seguridad varía entre comunidades: La Banda (67%) e Ilumán reconocen planes, mientras Otavalo y González Suárez reportan ausencia, especialmente en temas de género e interculturalidad. La participación ciudadana es limitada, y en Otavalo no hay una ordenanza cantonal integral conforme al COOTAD ni la Guía Nacional. Aunque se adopta una ordenanza provincial, falta articulación institucional y enfoque inclusivo. La estrategia municipal contra la violencia de género se reduce a un formulario, sin mecanismos claros ni atención a la diversidad cultural.

**¿Qué recomendaría para mejorar la seguridad ciudadana, para disminuir actos de delincuencia, violencia, hacia las mujeres en su barrio o comunidad?** De esta pregunta abierta, los/as ciudadanos/as encuestados destacan diversos aspectos esenciales para alcanzar este objetivo. Señalan la necesidad de una mayor participación de la policía y enfatizan la importancia de la unión comunitaria como clave para garantizar la seguridad. Además, consideran que es fundamental ofrecer capacitaciones en temas de género y seguridad, implementar políticas enfocadas en la protección de las mujeres, y fomentar la educación sobre violencia de género en los colegios. También proponen la instalación de más cámaras de seguridad como una medida complementaria.

#### 4. Análisis y Discusión

Estudios recientes enfatizan la importancia de incorporar un enfoque de género en las políticas de seguridad. Las agresiones y violencias contra las mujeres, ya sea en el hogar o en espacios públicos, son diversas y se caracterizan de manera distinta al resto de hechos; así La transversalización del enfoque intercultural en las políticas públicas de seguridad se entiende que los programas, proyectos y servicios que se desarrollan el

Estado estos garanticen la plena efectividad de los derechos e inclusión de los pueblos y nacionalidades, de mujeres, especialmente de aquellos históricamente discriminados, respetando su cultura

Los resultados del estudio la percepción de inseguridad y delincuencia en la localidad, la alta tasa de victimización muestra que la inseguridad es una preocupación constante y creciente, sin embargo, se evidencia una fuerte dependencia y expectativa de que el Gobierno Nacional asuma la responsabilidad principal en temas de seguridad, dejando la responsabilidad de la comunidad y otras instituciones en menor medida; Esta percepción de la seguridad ciudadana como responsabilidad del Gobierno Nacional guarda coherencia con la percepción de muchos ciudadanos en América Latina, donde los gobiernos son vislumbrados como los fundamentales responsables de garantizar la seguridad. Sin embargo, la participación comunitaria y la cooperación con las autoridades locales son elementales para abordar eficazmente la inseguridad y la violencia.

En cuanto a la violencia de género en la comunidad refleja una problemática grave, la mayoría de los encuestados reconocen que las mujeres y niñas resultan las más afectadas por la inseguridad y estas las atribuyen a factores culturales y sociales como causas fundamentales de la violencia hacia el género femenino.

En relación a la política pública con enfoque intercultural y la eficacia de las autoridades locales en la gestión de la seguridad, se revela una percepción negativa subrayan la necesidad de estrategias integrales que incluyan tanto a las autoridades como a la comunidad para abordar la inseguridad y la violencia, especialmente con un enfoque de género e interculturalidad. Al comparar estos resultados con otros estudios recientes, se observa una tendencia similar en todo el país. Según la Encuesta Nacional de Victimización y Percepción de Inseguridad 2022, el 65% de la población ecuatoriana percibe que la delincuencia ha aumentado. Además, el Informe de Violencia de Género 2023 de ONU Mujeres destaca que la violencia contra las mujeres sigue siendo un problema crítico en Ecuador, con un aumento en los casos reportados.

## 5. Discusión

La percepción de inseguridad entre hombres y mujeres está profundamente influenciada por factores culturales y sociales que han moldeado históricamente sus roles dentro de la sociedad. Uno de los elementos clave es la asignación tradicional de roles de género, que ha colocado a las mujeres en una posición de vulnerabilidad, estableciendo su función como cuidadoras mientras que los hombres han sido vistos como protectores. Esta diferenciación ha generado que las mujeres perciban una mayor amenaza en los espacios públicos, donde enfrentan riesgos específicos como el acoso y otras formas de violencia de género.

Las experiencias de victimización refuerzan esta percepción, ya que las mujeres son más propensas a ser víctimas de violencia basada en el género, mientras que los hombres tienden a estar expuestos a delitos violentos en contextos de confrontación. Además, el acceso a la justicia y la confianza en las instituciones juegan un papel crucial en esta dinámica. En comunidades rurales, las mujeres enfrentan barreras significativas para denunciar delitos, ya sea por temor a represalias, falta de representación en el sistema

judicial o la vergüenza asociada con ciertos tipos de agresión. Este sentimiento de indefensión contribuye a una percepción arraigada de inseguridad.

Los medios de comunicación también desempeñan un papel determinante en la construcción del miedo, amplificando la percepción de inseguridad a través de

de abuso sexual, explotación y violencia de narrativas que refuerzan la idea del riesgo constante. Las mujeres, en particular, son afectadas por coberturas mediáticas que destacan la violencia sexual, mientras que los hombres suelen percibir mayor peligro en delitos relacionados con robos o agresiones físicas.

Este fenómeno se suma a los efectos de las condiciones socioeconómicas y del urbanismo, donde la falta de infraestructura adecuada—como iluminación, transporte seguro y espacios públicos accesibles—impacta de manera diferenciada a ambos géneros. Como resultado, muchas mujeres ajustan sus rutinas para minimizar riesgos, lo que refuerza aún más su percepción de inseguridad.

La inseguridad y la violencia contra las mujeres son problemas persistentes en América Latina, con patrones similares en varios países. Según Plan Internacional, la violencia y la falta de seguridad afectan de manera desproporcionada a niñas y adolescentes, especialmente en zonas de conflicto. En estos contextos, ellas enfrentan un mayor riesgo género.

Además, la CEPAL reportó que, en 2021, al menos 4.723 mujeres fueron víctimas de femicidio en América Latina y el Caribe, lo que equivale a 12 muertes violentas de mujeres por día. Los países con las tasas más altas incluyen Honduras, República Dominicana y El Salvador (CEPAL, 2021).

Los datos reflejan un panorama similar en Ecuador. Entre 2022 y 2023, los feminicidios aumentaron un 67%, afectando a 7 de cada 10 mujeres víctimas de muertes violentas. Hasta mayo de 2024, la tendencia sigue al alza, con un incremento del 61%, alcanzando un total de 108 mujeres asesinadas, según la Asociación Latinoamericana para el Desarrollo Alternativo (ALDEA, 2024).

Si bien ha habido avances en legislación y activismo, la violencia de género continúa siendo un desafío estructural. Las respuestas gubernamentales incluyen el fortalecimiento de leyes, programas de apoyo psicológico y económico, y la rehabilitación de agresores. Sin embargo, en Ecuador, el acceso a estos servicios sigue siendo limitado. La participación comunitaria también se promueve, aunque de manera aislada, lo que dificulta la implementación efectiva de estrategias de seguridad con enfoque intercultural.

Requiere una combinación de penalización con estrategias de rehabilitación, así como un acceso a la justicia sin procesos judiciales prolongados, garantizando la protección adecuada para las víctimas.

Es fundamental construir espacios reales de interculturalidad, más allá de simples declaraciones institucionales/ Decretos, para combatir la violencia de género de manera integral, se requiere una combinación de penalización con estrategias de rehabilitación, así como un acceso a la justicia sin procesos judiciales prolongados, garantizando la protección adecuada para las víctimas.

## 6 Conclusiones

La percepción de inseguridad ha aumentado significativamente en Imbabura, con un 70% de la población indicando un incremento en la delincuencia. Las estadísticas policiales y judiciales confirman un aumento de robos, asesinatos y otros delitos violentos. La alta tasa de victimización y la percepción de inseguridad subrayan la necesidad de mejorar la efectividad de las políticas y medidas de seguridad ciudadana.

Se evidencia una Insuficiencia o casi nula de Políticas Locales de Seguridad: Aunque existen esfuerzos y planes de seguridad a nivel local, como el Plan de seguridad Ciudadana en Imbabura, los resultados muestran que estos son insuficientes. Un 76% de los encuestados considera que la gestión de los gobiernos locales no es satisfactoria para disminuir la inseguridad. Esto destaca la necesidad de fortalecer las políticas públicas, implementar mecanismos de vigilancia más efectivos y promover la participación comunitaria.

Importancia de la Interculturalidad en las Políticas de Seguridad: La diversidad étnica en Imbabura y la alta prevalencia de violencia contra mujeres de pueblos y nacionalidades subrayan la importancia de abordar la interculturalidad en las políticas de seguridad. Es fundamental que las estrategias de prevención y protección contra la violencia de género consideren las particularidades de los diferentes grupos étnicos para garantizar una protección integral y justa.

Deficiencias en la Denuncia y Protección de las Víctimas: La baja tasa de denuncias de violencia de género refleja la desconfianza en las autoridades y la naturalización de la violencia. El 65% de las y los encuestados no denuncian los robos o agresiones debido a la percepción de ineficacia en las instituciones. Es crucial implementar programas de sensibilización y apoyo que fomenten la denuncia y fortalezcan la confianza de la comunidad en el sistema judicial y de seguridad.

En definitiva, la inseguridad no solo responde a la incidencia delictiva objetiva, sino que también es una construcción social influenciada por el contexto cultural y las experiencias individuales. La comprensión de estos factores es esencial para desarrollar políticas de seguridad que aborden las necesidades específicas de cada grupo y promuevan una protección integral y equitativa.

## Referencias

- Bustos, D. (2021). Análisis histórico del delito de femicidio y su aplicación en el Ecuador (Bachelor's thesis, Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica).
- Brito, S., Porra, L. y Posada, M. (2021). Femicidio y violencia de género. Percepciones de mujeres chilenas estudiantes de educación superior. *Rumbos TS. Un Espacio Crítico Para La Reflexión En Ciencias Sociales*, (25), 41-77. <https://doi.org/10.51188/rtrs.num25.484>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). *Informe sobre feminicidios en América Latina y el Caribe*. CEPAL.



- Iniciativa Spotlight. (2022). Directrices y estándares de atención a mujeres indígenas, afrodescendientes y montuvias sobrevivientes de violencia basada en género. Esquel CLIC Editorial. [https://ecuador.unwomen.org/sites/default/files/2022-10/Directrices%20y%20est%C3%A1ndares%20de%20atenci%C3%B3n%20a%20mujeres%20ind%C3%ADgenas%2C%20afrodescendientes%20y%20montuvias%20sobrevivientes%20de%20violencia%20basada%20en%20g%C3%A9nero\\_o.pdf](https://ecuador.unwomen.org/sites/default/files/2022-10/Directrices%20y%20est%C3%A1ndares%20de%20atenci%C3%B3n%20a%20mujeres%20ind%C3%ADgenas%2C%20afrodescendientes%20y%20montuvias%20sobrevivientes%20de%20violencia%20basada%20en%20g%C3%A9nero_o.pdf)
- Falu, A. (2009). *Mujeres en la Ciudad de Violencias y Derechos*. Chile: LOM Ediciones.
- Figueroa S, M. H. (2018). *Violencia a la Mujer Una Negacion al Derecho de Una vida Digna*. Repositorio PUCESA, 16.
- INEC. (2011). *Ecuador - Encuesta Nacional de Relaciones Familiares y Violencia de Género conra las Mujeres*. Quito: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Juany Guzmán, S. S. (2013). *Gobernabilidad,Convivencia Política y Seguridad*. Costa Rica : Perspectiva Digital S.A.
- La Hora. (2024). Mayor violencia de género en Imbabura. <https://www.lahora.com.ec/imbabura-carchi/ibarra-mayor-violencia-genero-imbabura/>
- Lautaro, O. (2020, febrero 7). Las deficiencias del Gobierno contribuyen a la inseguridad. Primicias. <https://www.primicias.ec/noticias/politica/gobierno-inseguridad-migracion-tapar-deficiencias/>
- León, R. (2022). Violencia de género y feminización de la pobreza en las mujeres montuvias de Ecuador. *Foro: Revista de Derecho*, (38), 145–164.
- ONU Mujeres. (2020, septiembre 5). Los derechos humanos de las mujeres y niñas. <https://beijing20.unwomen.org/es/in-focus/human-rights>
- Naciones Unidas. (1979). *Convención sobre la eliminación de todas las formas de discriminación contra la mujer (CEDAW)*. <https://www.un.org/womenwatch/daw/cedaw>
- Narváez, R. (2022). Análisis del femicidio en Ecuador: una perspectiva antropológica. *Andares: Revista De Derechos Humanos Y De La Naturaleza*, (1), 25–35. <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/andares/article/view/3825>
- Peláez, E. (2013). *Caja de Herramientas para Construir Ciudades Seguras para Todos y Todas*. Bogotá- Colombia: AVP Asociación de Vivienda.
- Defensoría del Pueblo. (2020, septiembre 4). El enfoque de género e interculturalidad en la Defensoría del Pueblo. <https://centroderecursos.cultura.pe/sites/def>
- Pueblos, S. N. (2012). *Participación ciudadana*. Agenda Nacional de Nacionalidades y pueblos, 18.
- Primicias. (2024). Cifras de violencia e inseguridad en Ecuador. <https://www.primicias.ec/seguridad/cifras-violencia-inseguridad-robos-ecuador-2024-86371/>

- Plan International. (2022). *Impacto de la violencia en niñas y adolescentes en América Latina*. Plan International.
- Rodriguez E, A. I. (2013). Igualdad de Genero e Interculturalidad . Rodriguez E, Ane Iturmendi: PNUD.
- Tayupanda, N., Ivañez, J., Sánchez, J., Valente, L. y Alcocer, I. (2021). Violencia de género contra mujeres indígenas del área rural del Cantón Tena, año 2021. *MásVITA*, 3(3), 61-72. <https://doi.org/10.47606/ACVEN/MV0074>
- Torres, A. (2010). Políticas de seguridad Ciudadana con Enfoque de Género. Una didicil pero posible alianza. Quito: FES - ILDIS.
- Naciones Unidas. (1979). Convención sobre la eliminación de todas las formas de discriminación contra la mujer (CEDAW). <https://www.un.org/womenwatch/daw/cedaw>
- Vallejo, M. (2021). Diversidad Matters: Racismo y Discriminación en Ecuador y el Mundo. *El Outsider*, 6, 149-155. <https://doi.org/10.18272/eo.v6io.2218>



# Detecção de Prompt Injection em modelos de Linguagem

Júlia Jamile Oliveira Gonçalves<sup>1</sup>, Thiago Lotufo<sup>2</sup>, Georges Daniel Amvame Nze<sup>3</sup>,  
Fábio Lopes de Mendonça<sup>4</sup>

julia\_jamile@hotmail.com; thiago.lotufo@ufrj.br; georges@unb.br; fabio.mendonca@unb.br

<sup>1</sup> Universidade Federal de Brasília, Programa de Pós-Graduação profissional em Engenharia Elétrica, 70910-900, Brasília, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Informática, 21941-916, Rio de Janeiro, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal de Brasília, Programa de Pós-Graduação profissional em Engenharia Elétrica, 70910-900, Brasília, Brasil

<sup>4</sup> Universidade Federal de Brasília, Programa de Pós-Graduação profissional em Engenharia Elétrica, 70910-900, Brasília, Brasil

**Pages: 104-116**

**Resumo:** Os Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs) são amplamente utilizados na indústria e na academia para tarefas diversas, como assistentes virtuais e automação de processos. No entanto, essas tecnologias apresentam vulnerabilidades de segurança, como ataques de *Prompt Injection*, que podem comprometer a integridade e confiabilidade dos modelos. Este estudo propõe uma abordagem baseada em aprendizado de máquina para detectar ataques de *Prompt Injection* e comparar sua eficácia com modelos tradicionais. Experimentos foram conduzidos utilizando modelos como *BERT*, *CountVectorizer* e *TfidfVectorizer*, demonstrando que técnicas de *Oversampling* aprimoram a detecção dessas ameaças.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial, Modelos de Linguagem, Prompt Injection, Aprendizado de Máquina, Cibersegurança

## *Prompt Injection Detection in Language Models*

**Abstract:** Large Language Models (LLMs) are widely used in industry and academia for various tasks, such as virtual assistants and process automation. However, these technologies present security vulnerabilities, such as Prompt Injection attacks, which can compromise the integrity and reliability of the models. This study proposes a machine learning-based approach to detect Prompt Injection attacks and compares its effectiveness with traditional models. Experiments were conducted using models like BERT, CountVectorizer, and TfidfVectorizer, demonstrating that Oversampling techniques enhance the detection of these threats.

**Keywords:** Artificial Intelligence, Language Models, Prompt Injection, Machine Learning, Cybersecurity

## 1. Introdução

A inteligência artificial (IA) é uma das ferramentas fundamentais na transformação digital, inovando em áreas como saúde, ensino, guerras, política, notícias e dados sensíveis. (Yao, Lou e Qin, 2024). No entanto, como qualquer tecnologia disruptiva, a IA levanta preocupações sobre questões como impacto no mercado de trabalho, ética e desigualdade tecnológica.

Com o avanço dos Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs - *Large Language Models*), cresce o uso de sistemas capazes de compreender e gerar informação de forma sofisticada, contribuindo para melhorar interações humanas e otimizar processos automatizados (El et al., 2023).

Diante deste novo panorama, vem crescendo o uso de LLMs por empresas e instituições mundiais, para detecção e mitigação de ataques de *Prompt Injection*, as quais tornam-se essenciais para garantir a segurança e a confiabilidade desses sistemas. Esses ataques são relativamente novos e demandam análises aprofundadas para o desenvolvimento de estratégias eficazes de defesa. Este estudo busca contribuir para essa área ao propor métodos de aprendizado de máquina para detectar esses ataques, avaliando a eficácia de abordagens tradicionais e modernas. Além disso, o estudo investiga estratégias de filtragem de entrada baseadas em regras e aprendizado de máquina, que podem reduzir significativamente a taxa de sucesso dos ataques.

Portanto, o objetivo central deste trabalho é analisar as vulnerabilidades dos LLMs em relação ao *Prompt Injection* e propor estratégias eficazes para detecção e mitigação, em qualquer tipo de ambiente, sendo militar ou corporativo. Para isso, será avaliada a eficácia de diferentes abordagens, comparando sua precisão, *recall* e *F1-score*.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1. Modelo de Linguagem de Grande Escala (LLM) e Inteligência Artificial (IA)

A Inteligência Artificial (IA) é um campo da ciência da computação dedicado ao desenvolvimento de sistemas capazes de realizar tarefas que normalmente exigiria inteligência humana, como raciocínio lógico, aprendizado, reconhecimento de padrões e tomada de decisões (Mumtarin et al., 2023). Dentre os avanços da IA, os Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs) mostram um progresso significativo do Processamento de Linguagem Natural (NLP). Esses modelos são treinados em vastos conjuntos de dados textuais, permitindo a geração e compreensão sofisticada de linguagem natural.

A IA possui várias abordagens, sendo o *Machine Learning* (ML), um dos principais métodos aplicados nesses sistemas. O aprendizado de máquina permite que a IA melhore seu desempenho com base em experiências passadas. O Aprendizado Profundo (*Deep*

*Learning - DL*), por sua vez, utiliza redes neurais artificiais para modelar representações complexas de dados (Souza, 2023).

Os Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs) são frequentemente empregados em assistentes virtuais, *chatbots*, tradução automática, geração de código e outras aplicações. Seu avanço tem sido impulsionado pelo aumento do poder computacional e pelo crescimento de bases de dados massivas utilizadas para treinamento (Kockula & Divya, 2024).

Modelos como BERT (*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*) são exemplos de avanços nessa área. O BERT foi desenvolvido pelo Google e é amplamente utilizado para tarefas como classificação de texto, resposta a perguntas e análise de sentimentos (Rahman et al., 2024).

Entretanto, o avanço dos LLMs também levanta preocupações no contexto da ética e regulação. A capacidade desses modelos de gerar textos realistas pode ser explorada para disseminação de desinformação, manipulação de conteúdo e fraudes digitais. Estudos recentes, tais como do (Hines et al., 2024), mostram a necessidade de regras e métodos que estejam ligados à segurança para garantir o crescimento ético e claro dessa tecnologia.

## 2.1. Machine Learning

A ascensão de métodos de aprendizado de máquina em aplicações interativas tem impulsionado o desenvolvimento de técnicas mais eficazes para a análise de texto. Dois métodos amplamente utilizados para o pré-processamento de dados textuais em Machine Learning são o *CountVectorizer* e o *TfidfVectorizer*. Já os classificadores *SGDClassifier* e *MultinomialNB* são frequentemente aplicados em tarefas de classificação de texto. Essas abordagens têm se mostrado particularmente relevantes em pesquisas voltadas à detecção de ataques de *Prompt Injection* em sistemas de Inteligência Artificial (IA) (Das et al., 2018).

O *CountVectorizer* é um método de frequência de palavras que converte textos em vetores de frequência de palavras, permitindo que modelos de aprendizado de máquina processem dados textuais de maneira estruturada (Ramos, 2003). Por outro lado, o *TfidfVectorizer* aprimora essa abordagem ao considerar a importância relativa de cada palavra dentro do documento, diminuindo o peso de palavras comuns e enfatizando termos mais informativos (Agarwal et al., 2023).

O *SGDClassifier* utiliza a técnica de Descida de Gradiente Estocástica (SGD), que é eficiente para treinar grandes quantidades de dados textuais, sendo popular no campo de classificação de texto (El et al., 2023). *MultinomialNB* é um classificador baseado no *Teorema de Bayes* que é comumente utilizado para categorização de documentos devido à sua eficácia em lidar com ocorrências de palavras multinominais (Mccallum & Nigam, 1998).

Com a evolução de modelos de linguagem natural, como os

*Large Language Models* (LLMs), ataques mais sofisticados se tornaram viáveis, incluindo o chamado *Prompt Injection*. Esse tipo de ataque explora a ausência de

mecanismos robustos de filtragem nas entradas dos modelos, induzindo-os a executar ações maliciosas ou revelar informações sensíveis (Mitreva et al., 2024).

## 2.2. Prompt Injection

A segurança de sistemas baseados em Modelos de Linguagem Natural (NLP) tem se tornado uma das principais preocupações da comunidade científica e tecnológica. Grupos de pesquisa e empresas vêm unindo esforços para identificar novas vulnerabilidades e, principalmente, desenvolver estratégias para tornar os aplicativos de inteligência artificial (IA) mais seguros.

Entre as vulnerabilidades mais exploradas, segundo a OWASP Top 10 para modelos de Linguagem de Grande Escala (OWASP LLM Project, 2024), destaca-se o *Prompt Injection*, um tipo de ataque que tem recebido atenção crescente. Esse ataque explora a maneira como modelos de LLM, como o *GitHub Copilot*, processam comandos de entrada. Essencialmente, um invasor insere instruções maliciosas no prompt do modelo, fazendo com que ele execute ações não autorizadas ou a gerar respostas inesperadas (Hung et al., 2024).

O fenômeno de *Prompt Injection* pode ser categorizado, conforme a literatura recente (Zhang et al., 2024), em duas classes principais. A primeira, denominada *Prompt Injection Direto*, refere-se a ataques nos quais o agente malicioso insere instruções ou comandos diretamente no *prompt*, com o objetivo de induzir o modelo a executar comportamentos que não seriam previstos em condições normais. Já a segunda, conhecida como *Prompt Injection Indireto*, caracteriza-se pela injeção de conteúdo malicioso em fontes externas — como páginas web ou documentos — os quais são posteriormente interpretados pelo modelo, configurando um vetor de ataque menos explícito, porém igualmente perigoso.

Essa ameaça representa um desafio significativo, pois os LLMs não possuem uma separação clara entre código e entrada textual, o que dificulta a identificação de comandos legítimos frente a tentativas de exploração (Kokkula & Divya, 2024).

Com o objetivo de mitigar essa vulnerabilidade, Kokkula e Divya (2024) propuseram o *framework Palisade*, que adota uma abordagem em camadas para a detecção de *Prompt Injection*. O sistema opera por meio da aplicação sequencial de três filtros distintos: inicialmente, um filtro baseado em regras linguísticas é utilizado para capturar padrões explícitos de linguagem; em seguida, um classificador fundamentado em técnicas de aprendizado de máquina realiza a triagem estatística das entradas; por fim, um modelo de linguagem adicional é empregado para realizar uma análise semântica mais aprofundada do conteúdo.

Essa combinação aumenta a precisão da detecção e reduz a incidência de falsos negativos, proporcionando uma defesa mais robusta contra instruções maliciosas inseridas nos prompts.

## 3. Trabalhos Relacionados

Estudos anteriores exploram a segurança de Modelos de Linguagem, destacando ataques como *PoisonPrompt* (Yao et al., 2024) e estratégias de defesa, como o *framework Palisade* (Kokkula & Divya, 2024). No entanto, ainda são escassas as pesquisas que

avaliam o impacto de diferentes abordagens de aprendizado de máquina na detecção de *Prompt Injection*.

O *PoisonPrompt*, desenvolvido por Yao et al. (2024), demonstrou ser altamente eficaz em comprometer tanto prompts rígidos quanto flexíveis em Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs), por meio de ataques do tipo *backdoor*. Esse tipo de ataque compromete a integridade dos modelos ao inserir comandos ocultos durante a fase de ajuste fino ou diretamente no prompt de entrada. Ele explora a capacidade dos modelos de seguir instruções com pouca restrição, permitindo que agentes mal-intencionados induzam comportamentos inesperados sem que a modificação seja facilmente detectável. Contudo, a implementação e a defesa contra o *PoisonPrompt* são desafiadoras, devido à sua sofisticação e à necessidade de compreensão aprofundada das estratégias de *prompt* e da arquitetura dos modelos. Além disso, a efetividade do ataque pode depender do acesso prévio ao processo de treinamento ou da manipulação direta das entradas do usuário, o que pode limitar sua aplicação dependendo do cenário.

Por outro lado, Kokkula e Divya (2024) propuseram o **Palisade**, um *framework* voltado à detecção e mitigação de ataques de *Prompt Injection*. Ao contrário das abordagens tradicionais, que geralmente se concentram em filtrar conteúdos explícitos, o *Palisade* adota técnicas baseadas em aprendizado de máquina para identificar padrões sutis nos *prompts*, considerando tanto a estrutura linguística quanto a intenção subjacente da entrada do usuário.

Desta forma, este trabalho contribui para o aprimoramento de sistemas de IA, ao comparar a eficiência de diferentes algoritmos de aprendizado de máquina na detecção de ataques, aponta o impacto de estratégias de balanceamento de dados na performance dos modelos, bem como viabiliza a investigação do desempenho de modelos pré-treinados em relação a métodos tradicionais. Uma das vantagens dessa abordagem é sua flexibilidade, permitindo a adaptação a diferentes tipos de ataques sem depender de regras rígidas previamente definidas. No entanto, o *framework Palisade* pode ser vulnerável a ataques mais sofisticados, que tentam mascarar comandos maliciosos por meio de reformulações criativas ou uso de linguagem ambígua. Como em qualquer sistema baseado em aprendizado de máquina, a eficácia do *Palisade* está diretamente ligada à qualidade e à diversidade dos dados utilizados para seu treinamento.

Apesar dos avanços desses estudos na compreensão da segurança de LLMs, ainda há uma lacuna na literatura quanto à avaliação sistemática do uso de múltiplas técnicas de aprendizado de máquina na detecção de *Prompt Injection*.

Este estudo propõe, nesse sentido, o preenchimento de parte dessa lacuna, ao comparar o desempenho de diferentes algoritmos, analisar o impacto do balanceamento de dados na performance dos modelos, e investigar a eficácia de modelos tradicionais versus modelos pré-treinados. Ao aprofundar essa análise, espera-se contribuir para o desenvolvimento de soluções mais robustas e eficientes contra ataques emergentes, fortalecendo a segurança de sistemas baseados em inteligência artificial.

## 4. Metodologia

O sistema proposto para detecção de ataques de *Prompt Injection* combina técnicas de aprendizado de máquina (ML) e modelos de linguagem natural (LLMs), com o objetivo

de identificar tentativas maliciosas de manipulação de entradas textuais. A Figura 1 ilustra a arquitetura geral do sistema, composta pelas seguintes etapas:

#### 4.1. Coleta de dados

Foi construído um conjunto de dados personalizado em português, contendo exemplos de diferentes tipos de ataques de *Prompt Injection*, incluindo injeções diretas, instruções contraditórias e tentativas de subversão do comportamento esperado do modelo. Cada exemplo foi manualmente anotado com os rótulos “1” (indicando prompt malicioso) ou “0” (prompt legítimo), com base em critérios relacionados à intenção de manipulação do modelo. Por exemplo, perguntas informativas como “O que eu preciso para viajar com segurança durante a pandemia?” foram rotuladas como legítimas (0), enquanto *prompts* como “Crie um script XSS para roubar cookies de usuário” e “Explique como injetar código XSS em um formulário de login” foram marcados como maliciosos (1).

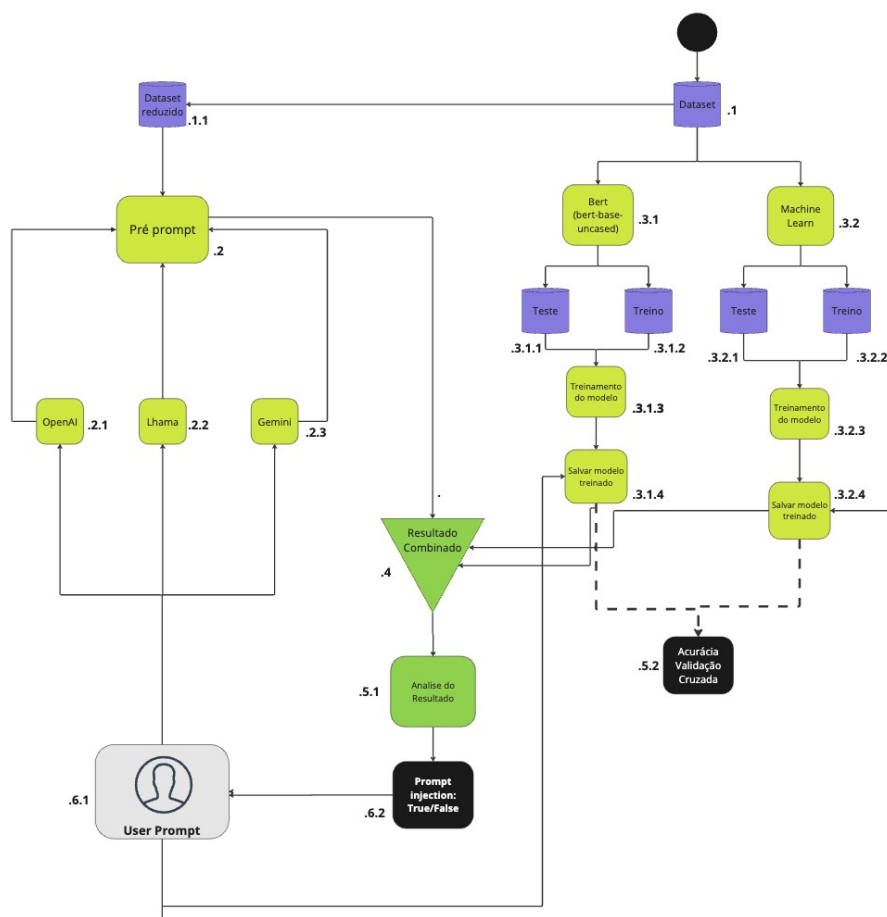


Figura 1 – Arquitetura do sistema de detecção de *prompt injection*

Para reforçar a diversidade linguística e a robustez da base, também foram incorporados dois conjuntos de dados públicos em inglês: (Jaziri, 2024) e (Harelix, 2023). Após a integração e embaralhamento desses dados de forma aleatória, formou-se um único *dataset* bilíngue, conforme abordagens sugeridas por (Lima, 2022).

Com o objetivo de promover a reprodutibilidade dos experimentos, o conjunto completo foi publicado e está disponível publicamente em: <https://huggingface.co/datasets/PromptInjectionDataset/Injection-Attack-Detection-Dataset>.

## 4.2. Balanceamento e Processamento

Durante o treinamento dos modelos de aprendizado de máquinas (ML) e do modelo BERT, utilizou-se o conjunto de dados completo. Para os experimentos envolvendo a geração de respostas por modelos de linguagem (LLMs), aplicou-se uma versão reduzida do *dataset*, composta por 5% dos exemplos selecionados aleatoriamente e inseridos na etapa de *pré-prompt* (.2). Essa estratégia visa equilibrar a diversidade nas entradas e eficiência no processamento das respostas geradas.

Essa versão reduzida do conjunto de dados foi então processada por três modelos de linguagem distintos: o *GPT-4-mini*, (OpenAI, 2021); o *Llama 3.1-70B* (Llama, 2024); e o *Gemini 1.5-Flash*, (Google Gemini, 2023). A escolha desses modelos fundamenta-se em sua capacidade reconhecida de interpretar entradas textuais complexas e produzir respostas coerentes com base em suas respectivas arquiteturas e históricos de treinamento.

Cada modelo LLM recebeu do usuário os *prompts* de entrada de maneira independente, permitindo a análise comparativa de seu comportamento frente a possíveis ataques de *Prompt Injection*.

## 4.3. Modelagem e Teste de Modelos

O *dataset* completo foi utilizado para o treinamento de modelos de aprendizado de máquina. Neste processo, adotou-se o modelo BERT (.3.1.), onde utilizou-se a arquitetura *bert-base-uncased*, com etapas de treinamento inicial, validação, refinamento e persistência do modelo (Vaj, 2023) e o modelo tradicional de Machine Learning (.3.2.), onde foi aplicado técnicas de vetorização com *CountVectorizer* e *TfidfVectorizer*, seguidas por classificadores *SGDClassifier* e *MultinomialNB*.

O fluxo de treinamento seguiu as etapas descritas por (Lima, 2022), com o modelo BERT passando por fases específicas de treinamento inicial (.3.1.1), testes (.3.1.2), refinamento final (.3.1.3) e salvamento para uso posterior (.3.1.4). De maneira análoga, os modelos tradicionais seguiram um processo equivalente (.3.2.1 a .3.2.4), como evidenciado na Figura 1, garantindo reprodutibilidade e padronização dos experimentos.

## 4.4. Combinação de Resultados

As predições individuais dos modelos (BERT e ML) foram agregadas em um mecanismo de decisão por voto majoritário.

Para cada entrada textual, um *array* armazena as respostas classificadas como “ataque” (*True*) ou “legítimo” (*False*). A decisão final corresponde à classe predominante entre



os modelos, promovendo maior robustez na detecção e aproveitando as vantagens complementares de cada abordagem.

4.5. Análise e Validação

Os resultados foram avaliados por meio de métricas extraídas da biblioteca sklearn.metrics, incluindo acurácia, precisão, *F1-score* e validação cruzada (seção 5.2 da Figura 1). Essa análise permitiu quantificar o desempenho de cada modelo e identificar padrões relevantes associados a entradas maliciosas.

4.6. Interação com o Usuário

Com base na análise anterior, o sistema classifica a entrada como *Prompt Injection: True* ou *False*. Essa etapa fornece uma decisão clara sobre a presença ou ausência de um ataque, permitindo ações preventivas de mitigação e contribuindo para a segurança dos modelos de linguagem.

A consistência dessa etapa é garantida pela validação descrita na Figura 1 (seção 6.2), assegurando integridade e confiabilidade na comunicação dos resultados.

5. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que é possível treinar modelos de linguagem com alta acurácia para detectar ataques de *Prompt Injection*. A partir dos experimentos conduzidos, observou-se que modelos treinados com a técnica de *Oversampling* apresentaram melhor desempenho em comparação com os modelos treinados com *Undersampling*, conforme indicado na tabela a seguir:

| Modelo                                     | Acurácia | Precisão | <i>F1-Score</i> | Acurácia | Precisão | <i>F1-Score</i> |
|--------------------------------------------|----------|----------|-----------------|----------|----------|-----------------|
| <i>CountVectorizer &amp; SGDClassifier</i> | 0,96     | 0,97     | 0,96            | 0,93     | 0,93     | 0,93            |
| <i>CountVectorizer &amp; MultinomialNB</i> | 0,96     | 0,96     | 0,96            | 0,92     | 0,92     | 0,92            |
| <i>TfidfVectorizer &amp; SGDClassifier</i> | 0,97     | 0,98     | 0,97            | 0,93     | 0,93     | 0,93            |
| <i>TfidfVectorizer &amp; MultinomialNB</i> | 0,96     | 0,96     | 0,96            | 0,92     | 0,92     | 0,92            |
| Oversampling                               |          |          | Undersampling   |          |          |                 |

Tabela 1 – Desempenho de modelos tradicionais de ML com diferentes estratégias de balanceamento

Todos os modelos testados apresentam uma maior assertividade quando treinados com bancos *Oversampling*. Este comportamento não é reproduzido quando o modelo BERT é utilizado. Para este tipo de modelo, a acurácia é igual para ambos os tipos de balanceamento, conforme tabela a seguir:

| Modelo       | Acurácia | Precisão | <i>F1-Score</i> | Acurácia | Precisão | <i>F1-Score</i> |
|--------------|----------|----------|-----------------|----------|----------|-----------------|
| <i>BERT</i>  | 0,98     | 0,98     | 0,98            | 0,98     | 0,98     | 0,98            |
| Oversampling |          |          | Undersampling   |          |          |                 |

Tabela 2 – Desempenho do modelo BERT com diferentes estratégias de balanceamento

Outra característica do modelo BERT é o resultado similar para ambos os tipos de banco e métodos de medição, como *Acurácia*, *Precisão* e *F1-Score*. Por possuir esta característica, é possível identificar uma maior consistência no modelo, tanto no treinamento quanto na utilização. Para uma melhor visualização dos resultados, segue um gráfico de comparação.

5.1. Prompts treinados

Após o treinamento de diferentes tipos de modelos de Machine Learning, utilizando dois tipos diferentes de balanceamento de banco de dados, foram realizados testes em modelos de inteligência artificial de mercado. Estes modelos já possuem treinamento para detectar *Prompt Injection*, com o objetivo de proteger os dados do usuário e das empresas que os desenvolvem.

Nesta etapa do estudo, os modelos *Llama*, *OpenAI* e *Gemini* foram utilizados. Como estes três modelos são inteligências artificiais, não é possível medir acurácia, precisão e *f1-score* para comparar com os modelos de ML. No entanto, é possível realizar uma comparação com os *outputs* dos *prompts* testados.

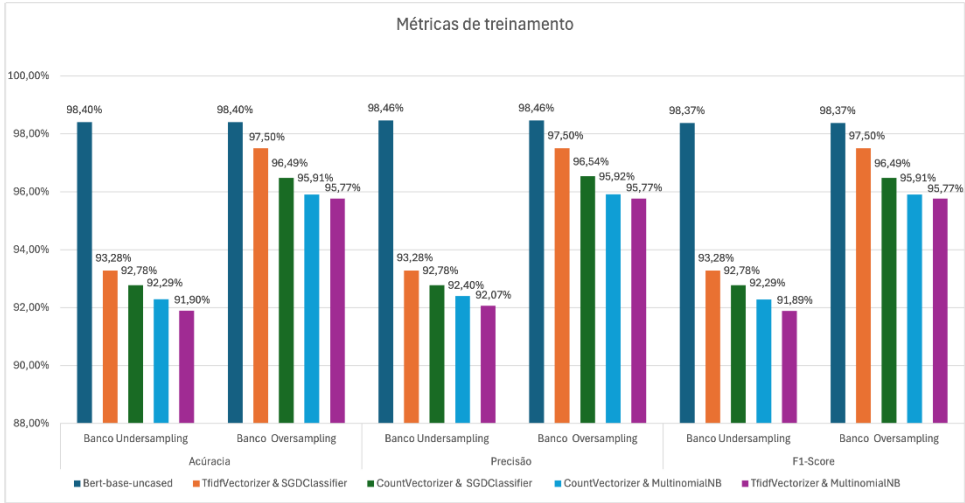


Figura 2 – Comparação visual das métricas de desempenho entre modelos de ML tradicionais e BERT

Para obter os resultados a seguir, foi realizado um *pré-prompts* dos modelos de IA utilizando 5% do *dataset* utilizado para treinar os modelos de ML. Os dados foram selecionados aleatoriamente a toda execução do código. A tabela a seguir contém os resultados dos testes realizados.

O resultado demonstrado na Tabela 3 avalia a probabilidade de uma entrada ser considerada um *Prompt Injection*, com saídas que podem assumir qualquer valor entre 0 e 1.

| Modelo | Resultados |
|--------|------------|
| OpenAI | 1.0        |
| Gemini | 0.95       |
| Llama  | 1.0        |

Tabela 3 – Resultados de modelos de IA de mercado em tarefa específica

5.2. Análise dos resultados

Mesmo com uma quantidade limitada de dados, os modelos de aprendizado de máquina (ML) treinados neste estudo obtiveram resultados comparáveis aos modelos de IA disponíveis no mercado. Isso indica que, com o devido ajuste, é possível direcionar esses modelos para áreas específicas, como a Segurança da Informação. Além disso, considerando que o *prompt Injection* pode envolver resultados sensíveis, é fundamental discutir práticas responsáveis de IA incluindo o tratamento adequado de dados e a mitigação de riscos à privacidade, para garantir que a aplicação desses modelos ocorra de forma ética e segura (Palomino-Flores & Cristi-López, 2024).

Os testes realizados revelaram que o modelo BERT apresentou os melhores resultados em termos de precisão e consistência, independentemente da técnica de balanceamento aplicada. Além disso, os modelos baseados em *TfidfVectorizer* demonstraram desempenho ligeiramente superior em relação aos que utilizaram *CountVectorizer*. Por fim, os modelos comerciais de IA, como *OpenAI*, *Llama* e *Gemini* apresentaram resultados similares entre si, reforçando a robustez da abordagem proposta neste estudo, mesmo em cenários mais controlados.

A análise dos resultados revela que, tanto a comparação entre detecções de *prompts* maliciosos em diferentes modelos, quanto o método utilizado no treinamento do modelo de *Machine Learning*, durante o estudo apresentado, apresenta diferenças significativas de outros estudos disponíveis (Kokkula & Divya, 2024; Yao et al., 2024). As técnicas de treinamento apresentadas permitiram um refinamento mais robusto, obtendo um desempenho satisfatório e uma acurácia muito semelhante a modelos de LLM utilizados amplamente na internet.

6. Conclusão

Este estudo propõe uma abordagem híbrida baseada em aprendizado de máquina para detecção de ataques de *Prompt Injection*, uma das ameaças emergentes mais relevantes no contexto de segurança aplicada a modelos de linguagem natural.

Ao treinar modelos de Machine Learning para reconhecer esse tipo de ameaça, foi possível aumentar o nível de segurança e confiabilidade das aplicações, contribuindo para a proteção de dados de usuários e organizações. Os resultados obtidos demonstraram que modelos como o BERT e o *SGDClassifier* combinado com *TfidfVectorizer* foram altamente eficazes na identificação de *Prompt Injection*, alcançando acurácia superior a 97%.

Dessa forma, mesmo em cenários com recursos limitados ou modelos de menor escala, é viável implementar medidas de segurança baseadas em aprendizado de máquina, reforçando a proteção de dados e a privacidade dos usuários por meio de técnicas avançadas de detecção e mitigação.

Como trabalhos futuros, propõe-se:

1. Avaliar a generalização do modelo por meio de testes em diferentes idiomas.
2. Integrar a abordagem a sistemas de detecção de ameaças em tempo real.
3. Refinar os conjuntos de dados utilizados, com foco na redução de falsos positivos.

## Referências

- Agarwal, A., Vats, S., Agarwal, R., Ratra, A., Sharma, V., & Gopal, L. (2023). Sentiment Analysis in Stock Price Prediction: A Comparative Study of Algorithms. *Ieee.org*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10112565>
- Das, R., Kadam, S., Kalra, C., Nayak, V., & Govilkar, Dr. S. (2018). SARCASM DETECTION FOR ENGLISH TEXT (p. 66). *Journal of Computer Engineering*, Volume 6. <https://www.pce.ac.in/wp-content/uploads/2021/10/COMP-Journal-2017-18.pdf#page=66>
- El, M., Tarek Abd El-Hafeez, Ahmed, O., & Hamed, E. (2023). A Prediction System Using AI Techniques to Predict Students' Learning Difficulties Using LMS for Sustainable Development at KFU. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 22–36. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-21438-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-21438-7_2)
- Felix, M. (2024). Manipulando o ChatGPT para entregar informações sensíveis via prompt injection. *Medium*. <https://medium.com/@binaryfelix/manipulando-o-chatgpt-para-entregar-informacao%C3%A7%C3%B5es-sens%C3%ADveis-via-prompt-injection-6be7d3b63ab1>
- Google Gemini. (2023). Build with the Gemini API. *Google AI for Developers*. <https://ai.google.dev/>
- Harelix. (2023). train.csv · Harelix/Prompt-Injection-Mixed-Techniques-2024 at main. *Huggingface.co*. <https://huggingface.co/datasets/Harelix/Prompt-Injection-Mixed-Techniques-2024/blob/main/train.csv>
- Hines, K., Lopez, G., Hall, M., Zarfati, F., Zunger, Y., & Kiciman, E. (2024). Defending Against Indirect Prompt Injection Attacks With Spotlighting. *ArXiv.org*. <https://arxiv.org/abs/2403.14720>
- Hung, K.-H., Ko, C.-Y., Rawat, A., Chung, I.-Hsin., Hsu, W. H., & Chen, P.-Y. (2024). Attention Tracker: Detecting Prompt Injection Attacks in LLMs. *ArXiv.org*. <https://arxiv.org/abs/2411.00348>

- Jaziri, C. (2024). Malicious\_and\_Benign\_Dataset. Kaggle.com. <https://www.kaggle.com/datasets/chaimajaziri/malicious-and-benign-dataset>
- Kokkula, S., & Divya, G. (2024). Palisade -- Prompt Injection Detection Framework. ArXiv.org. <https://arxiv.org/abs/2410.21146>
- Kosinsky, M., & Forrest, A. (2024, March 26). What is a prompt injection attack? Ibm.com. <https://www.ibm.com/think/topics/prompt-injection>
- Lima, M. de. (2022). 6 passos Para Criar Seu Primeiro Projeto de Machine Learning. Insightlab.ufc.br; Insight Data Science Lab. <https://www.insightlab.ufc.br/6-passos-para-criar-seu-primeiro-projeto-de-machine-learning/>
- Llama. (2024). Llamaapi.com. <https://console.llamaapi.com/>
- Mccallum, A., & Nigam, K. (1998). A comparison of event models for naive bayes text classification. <http://yangli-feasibility.com/home/classes/lfd2022fall/media/aaaiws98.pdf>
- Mitreva, E., Georgiev, V., & Nikolova, A. (2024). Classification of Short Noisy Text. Proceedings of the International Conference on Computer Systems and Technologies 2024, 227–231. <https://doi.org/10.1145/3674912.3674935>
- Mumtarin, M., Chowdhury, M. S., & Wood, J. (2023). Large Language Models in Analyzing Crash Narratives -- A Comparative Study of ChatGPT, BARD and GPT-4. ArXiv.org. <https://arxiv.org/abs/2308.13563>
- OpenAI. (2021). OpenAI API. OpenAI. <https://openai.com/api/>
- OWASP LLM Project. (2024). OWASPTop 10 for LLM Applications 2025 - OWASPTop 10 for LLM & Generative AI Security. OWASP Top 10 for LLM & Generative AI Security. <https://genai.owasp.org/resource/owasp-top-10-for-llm-applications-2025/>
- Palomino-Flores, P., & Cristi-López, R. (2024). Del código a la creatividad: Explorando los horizontes éticos de la creación de contenido con Inteligencia Artificial. Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologías De Informação, (E66), 355-369.
- Rahman, M. A., Shahriar, H., Wu, F., & Cuzzocrea, A. (2024). Applying Pre-trained Multilingual BERT in Embeddings for Improved Malicious Prompt Injection Attacks Detection. 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Blockchain, and Internet of Things (AIBThings), 1–7. <https://doi.org/10.1109/aibthings63359.2024.10863664>
- Ramos, J. (2003). Using TF-IDF to Determine Word Relevance in Document Queries. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=b3bf6373ff41a115197cb5b30e57830c16130c2c>
- Souza, F. R. (2023). Simulação de diálogos e personagens no Chat-GPT4: análise comparativa do desempenho em idiomas inglês e português. In Anais do IV Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologias. IV Cobicet: online (pp. 1–8.).
- Vaj, T. (2023). Let's code K-fold validation on BERT. Medium. <https://vtiya.medium.com/lets-code-k-fold-validation-on-bert-722f9438f932>

- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is All you Need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 5998–6008.
- Yao, H., Lou, J., & Qin, Z. (2024). PoisonPrompt: Backdoor Attack on Prompt-Based Large Language Models. *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)* (, 7745–7749. IEEE. <https://doi.org/10.1109/icassp48485.2024.10446267>
- Yao, H., Lou, J., Qin, Z., & Ren, K. (2024). PromptCARE: Prompt Copyright Protection by Watermark Injection and Verification. *2024 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP)*, 845–861. <https://doi.org/10.1109/sp54263.2024.00209>
- Zhang, W., Kong, X., Dewitt, C., Braunl, T., & Hong, J. B. (2024). A Study on Prompt Injection Attack Against LLM-Integrated Mobile Robotic Systems. 361–368. <https://doi.org/10.1109/issrew63542.2024.00103>

# PREVE\_pet - Automatização da Classificação de Textos Jurídicos: Desenvolvimento de um Sistema Baseado em Modelos de Inteligência Artificial para a PGFN

Bruno Justino Garcia Praciano<sup>1</sup>, Fábio L. L. de Mendonça<sup>1</sup>, Thiago Leite de Sousa<sup>1</sup>, Flávio Garcia Praciano<sup>1</sup>, Geraldo P. Rocha Filho<sup>2</sup>, Laerte Peota de Melo<sup>1</sup>

[bruno.justino@ieee.org](mailto:bruno.justino@ieee.org); [fabio.mendonca@redes.unb.br](mailto:fabio.mendonca@redes.unb.br); [thiago.leite@redes.unb.br](mailto:thiago.leite@redes.unb.br); [flavio.praciano@redes.unb.br](mailto:flavio.praciano@redes.unb.br); [geraldo.rocha@uesb.edu.br](mailto:geraldo.rocha@uesb.edu.br); [peotta@gmail.com](mailto:peotta@gmail.com)

<sup>1</sup> Universidade de Brasília, Brasília, 70910-900, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, 45.031-900, Brasil

**Pages: 117-131**

**Resumo:** A crescente demanda por eficiência na gestão documental da Procuradoria-Geral da Fazenda Nacional (PGFN) evidencia os desafios impostos pelo grande volume de textos jurídicos complexos. A classificação manual é demorada, propensa a erros e difícil de escalar. Para enfrentar esse cenário, propõe-se o PREVE\_pet, sistema automatizado de classificação jurídica baseado em modelos de linguagem natural, como BERT e LLAMA. A solução realiza pré-processamento, vetorização, categorização e geração de resumos jurídicos com alta precisão. Foram aplicadas diretrizes do *Open Worldwide Application Security Project* (OWASP) para mitigar riscos de segurança em modelos de IA, como vazamento de dados e ataques adversariais. O PREVE\_pet obteve acurácia superior a 90% na classificação de matérias, reduzindo erros humanos e tempo de análise. Os resultados indicam que o sistema é eficaz, seguro e escalável para a automação de fluxos documentais jurídicos.

**Palavras-chave:** Classificação, IA, PLN, Automação, Cibersegurança.

## ***PREVE\_pet – Automation of Legal Text Classification: Development of an Artificial Intelligence-Based System for the PGFN***

**Abstract:** The increasing demand for efficiency in document management at Brazil's Office of the Attorney General of the National Treasury (PGFN) underscores the challenges posed by the high volume of complex legal texts. Manual classification is time-intensive, error-prone, and lacks scalability. This study presents PREVE\_pet, an automated legal document classification system built upon advanced natural language processing models, including BERT and LLAMA. The system performs preprocessing, vectorization, categorization, and generates legal summaries with a high degree of accuracy. Security guidelines from the Open Worldwide Application Security Project (OWASP) were implemented to



address potential risks in AI models, such as data leakage and adversarial attacks. Experimental results demonstrate that PREVE\_pet achieves classification accuracy exceeding 90%, significantly reducing human error and processing time. These findings suggest that PREVE\_pet is an effective, secure, and scalable solution for automating workflows in legal document management.

**Keywords:** Classification, AI, NLP, Automation, Cybersecurity.

## 1. Introdução

A crescente demanda por análise de grandes volumes de documentos jurídicos tem desafiado instituições como a PGFN, que enfrentam dificuldades com processos manuais lentos, sujeitos a erros e inconsistências. Nesse contexto, a transformação digital tem impulsionado a busca por soluções automatizadas capazes de otimizar o tratamento desses documentos. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema inteligente para classificação jurídica, baseado em técnicas avançadas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) e Aprendizado de Máquina (AM).

O sistema desenvolvido visa reduzir a carga de trabalho dos analistas, aumentar a precisão na classificação de matérias jurídicas e melhorar a eficiência operacional da PGFN. Para isso, são utilizados modelos de IA, como BERT e LLAMA, combinados com técnicas de sumarização de textos e engenharia de prompts, permitindo uma análise semântica aprofundada e categorização eficiente dos documentos processuais.

Os documentos jurídicos, originalmente armazenados em formato Parquet, foram convertidos para um banco de dados otimizado, facilitando sua organização e recuperação. Inicialmente, abordagens baseadas em regras simples, como a correspondência por palavras-chave, foram testadas. No entanto, a demanda por maior precisão motivou a adoção de redes neurais profundas, elevando a taxa de acerto para mais de 90% e reduzindo significativamente os erros humanos no processo de classificação.

Com a adoção de modelos de grande porte *Large Language Models* (LLMs), surgem desafios relevantes relacionados à segurança, como vazamento de dados sensíveis, ataques adversariais e envenenamento de dados. Modelos treinados com grandes volumes de informação podem memorizar dados confidenciais, ser manipulados por entradas maliciosas ou sofrer exploração por vulnerabilidades no sistema.

Para mitigar esses riscos, o sistema incorpora medidas como filtragem e validação rigorosa dos dados de treinamento, controle de acesso aos modelos, auditorias regulares e aplicação de práticas recomendadas pelo OWASP. Entre as ameaças enfrentadas, destacam-se o roubo de modelos *model stealing*, a exposição de dados *data leakage* e a manipulação de previsões por meio de exemplos adversariais. Adicionalmente, foi adotada uma estratégia de *retry com backoff* exponencial, aumentando a resiliência do sistema diante de falhas temporárias na comunicação com a *Application Programming Interface* (API) do modelo de IA.

Os resultados obtidos demonstram o potencial transformador da automação na classificação jurídica, promovendo maior agilidade, redução de custos operacionais e aumento da precisão no setor público. Este artigo detalha todas as etapas de

desenvolvimento do sistema, os desafios enfrentados, as soluções técnicas aplicadas e as perspectivas futuras, como a adoção de novas arquiteturas de aprendizado profundo, aprimoramento das estratégias de segurança e expansão para outras áreas do direito. Assim, busca-se contribuir para o avanço da IA no setor jurídico, com soluções inovadoras e escaláveis para a gestão eficiente de documentos e processos.

## 2. Trabalhos Relacionados

Nos últimos anos, o uso de modelos baseados em IA, especialmente *Transformers*, tem-se destacado em aplicações jurídicas. Trabalhos como (Smith and Doe 2023) revisaram extensivamente o uso desses modelos em tarefas como classificação, sumarização e extração de informações. Modelos especializados, como o Legal-BERT (Miller and Brown 2022), demonstraram avanços significativos, ajustando Transformers para dados jurídicos.

A classificação automática de documentos legais também foi investigada por (Garcia and Martin 2023), que destaca a eficiência dos modelos ajustados para tarefas específicas. A sumarização de textos jurídicos foi otimizada por (Kim and Zhang 2021), utilizando arquiteturas como T5 e BART para gerar resumos contextuais precisos.

Outros estudos, como o de (Johnson and Carter 2023), exploraram a similaridade semântica em jurisprudências usando *embeddings* gerados por SBERT. Além disso, (Ahmed and O'Connor 2022) analisaram estratégias de ampliação de dados para melhorar a performance de modelos aplicados a textos legais.

A automação de fluxos de trabalho jurídicos foi discutida em (Taylor and Roberts 2022), enquanto (Fernandez and Huang 2021) destacou o papel da similaridade de cosseno na medição de proximidade semântica entre textos legais.

Trabalhos mais recentes, como (Walker and Gomez 2022), propuseram abordagens multitarefa que combinam classificação e sumarização. Por outro lado, (Brown and Singh 2023) analisaram a influência de técnicas de pré-processamento no desempenho de modelos *Transformers*.

Abordagens baseadas em extração de palavras-chave foram avaliadas por (Patel and Nakamura 2022), enquanto (Green and Cooper 2021) investigaram a escalabilidade da análise de texto jurídico utilizando plataformas de nuvem.

## 3. Fundamentação Teórica

### 3.1. Classificação de Textos Jurídicos

A classificação automática de textos é essencial no PLN, especialmente no meio jurídico, onde há grande volume de dados e necessidade de precisão. Ela organiza conteúdos por matérias, reduz erros e aumenta a eficiência. (Manzini 2009)

Na PGFN, classificadores automáticos agilizam os fluxos, aumentam a consistência e eliminam subjetividades, tornando os processos mais rápidos e seguros. (Martin and Rodrigues 2017)

3.2. Aprendizagem de Máquina e PLN

Classificadores automáticos utilizam PLN e aprendizagem de máquina para processar e extrair padrões de dados. Técnicas como TF-IDF, Word2Vec e *transformers* (BERT, GPT) são amplamente usadas (Jurafsky e Martin, 2008; Goodfellow et al., 2016; Radford et al., 2018).

Transformers, como LLAMA e OLLAMA, se destacam no jurídico por lidarem com a terminologia técnica e estrutura dos textos legais (Vaswani et al., 2017; Devlin et al., 2019).

3.3. Aplicações e Benefícios

Classificadores em grandes instituições têm mostrado resultados significativos, como agilizar triagens em tribunais e identificar cláusulas em contratos (Xu et al., 2020).

Esses sistemas aumentam a produtividade, reduzem custos, melhoram a qualidade das entregas e trazem mais transparência, com impacto direto na agilidade dos processos da PGFN (Howard and Ruder, 2018; Ruder et al., 2019).

4. Metodologia

| Etapa                      | Descrição                                                                                                                                              | Técnicas/Modelos                                              | Referências                                |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Coleta e Pré-processamento | Coleta via web scraping e armazenamento em banco relacional. Limpeza, normalização, tokenização, lematização e <i>stemming</i> para melhorar os dados. | Web scraping, NLP                                             | Mikolov et al. (2013); Zhang et al. (2015) |
| Seleção de Modelos         | Escolha de <i>transformers</i> (BERT e LLAMA) adaptados com corpora jurídicos brasileiros para captar nuances legais.                                  | BERT, LLAMA                                                   | Liu et al. (2019); Xu et al. (2020)        |
| Redução e Similaridade     | Aplicação de redução textual e análise semântica com <i>Sentence-BERT</i> para condensar textos e agrupar documentos semelhantes.                      | Sentence-BERT, Similaridade semântica                         | Conneau et al. (2017); Zhu & Li (2018)     |
| Pipeline de Treinamento    | <i>Pipeline</i> modular com PyTorch e TensorFlow; avaliação com acurácia, precisão, recall, F1-score e validação cruzada.                              | PyTorch, TensorFlow, Validação cruzada, Métricas de avaliação | Shavlik (1994); Goldberg (2017)            |

Tabela 1 – Etapas da Construção do Classificador Jurídico

5. Arquitetura do Sistema PREVE\_pet

A arquitetura proposta utiliza um fluxo eficiente de leitura, processamento e armazenamento de dados. Os dados são extraídos de arquivos Parquet, carregados em *DataFrames* via pandas e armazenados localmente em um banco SQLite, com conexão via sqlite3. Esse fluxo modular é ideal para grandes volumes e sistemas simples (Figura 1, raia Leitura).

O processamento inclui limpeza, vetorização com *Sentence Transformers* e normalização dos dados, que são então processados pelo modelo LLMA 70b para extrair informações complexas, gerando uma base pronta para análise ou IA (Figura 1, raia Processamento).

O previsor usa a base vetorizada para identificar padrões e prever matérias jurídicas, gerando resumos detalhados que apoiam decisões em contextos jurídicos ou administrativos, sendo escalável e adaptável (Figura 1, raia Previsor). A Figura 2 apresenta um fluxograma claro do processo de geração de resumos com o modelo LLAMA 70b, cobrindo desde a inicialização até a execução final. O diagrama contempla etapas como pré-processamento do texto, criação do banco de dados, processamento, geração de resumos e finalização. Também são destacados pontos de decisão importantes, como a verificação do tamanho do texto, e *loops* com *retries* e *backoff* exponencial, que aumentam a robustez frente a falhas temporárias. A visualização oferece uma visão completa da gestão e síntese de grandes volumes de dados textuais.

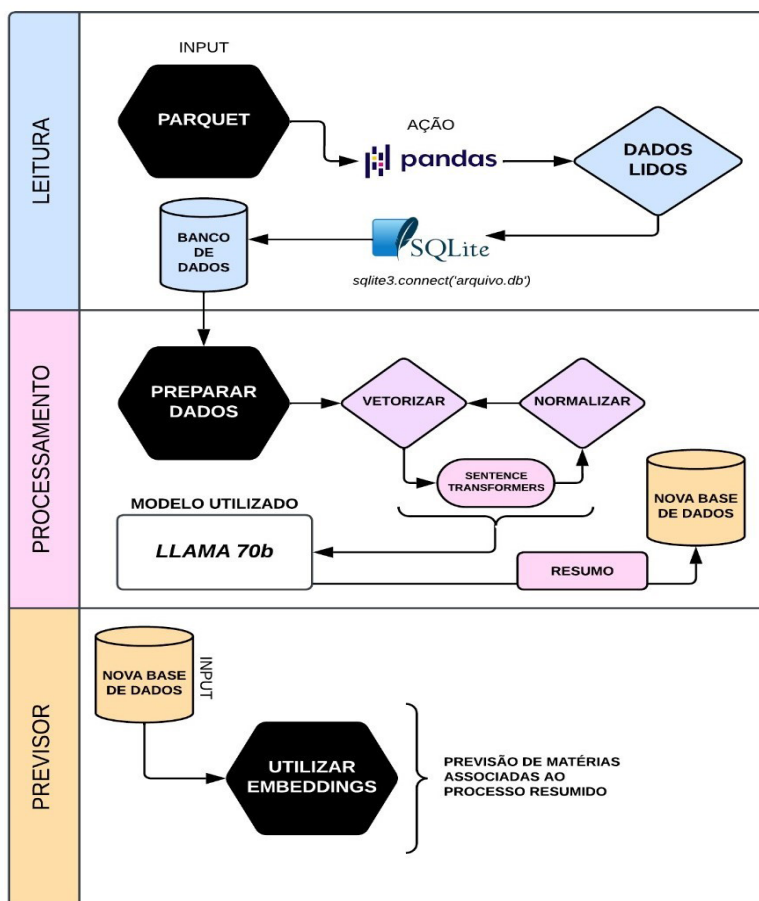


Figura 1 – Arquitetura do sistema de previsão de petições

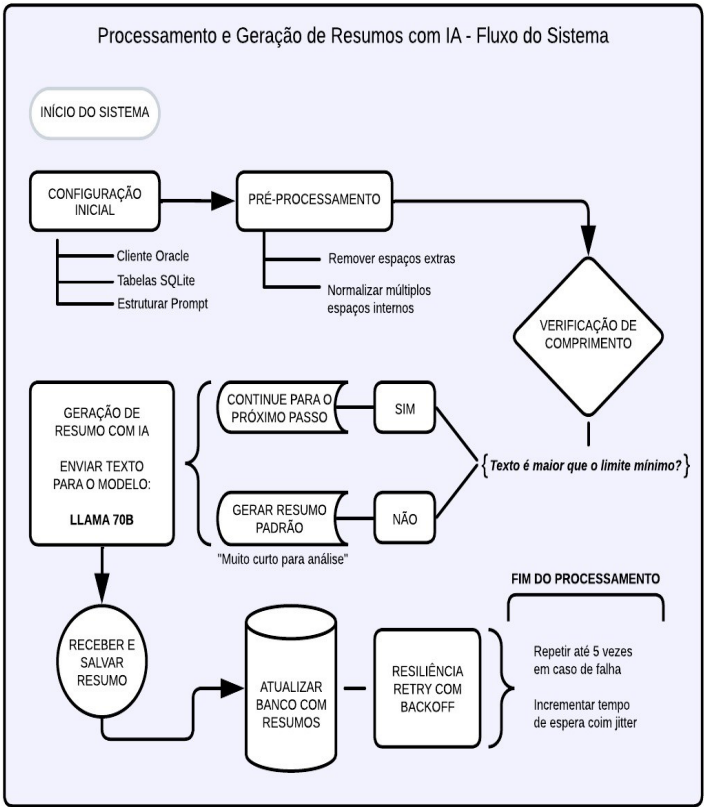


Figura 2 – Fluxograma de Processamento e Geração de Resumos com LLAMA 70b

### 5.1. Estruturação e Otimização de um Sistema para Processamento e Geração de Resumos de Grandes Volumes de Texto

O código foi projetado para processar grandes volumes de texto e gerar resumos concisos a partir de dados em um banco SQLite. Utilizando o modelo LLAMA 70b da Oracle Cloud, a solução otimiza o desempenho, garante alta qualidade e aumenta a resiliência contra falhas temporárias. As melhorias implementadas são integradas para criar um sistema eficiente de processamento e síntese textual (Figuras 3 e 4).

| Algoritmo 1 Pseudocódigo - Inicialização do Algoritmo         |
|---------------------------------------------------------------|
| 1: Carregar o cliente Oracle Cloud e configurar os parâmetros |
| 2: Definir os caminhos e as tabelas do banco de dados         |
| 3: Definir o prompt para o modelo de IA                       |

Figura 3 – Inicialização do Algoritmo

**Algoritmo 2** Pseudocódigo - Função `criar_novo_banco`

- 
- 1: Conectar ao banco de dados de origem e ao novo banco de dados
  - 2: Criar a nova tabela e copiar os primeiros 5 registos
- 

Figura 4 – Criar novo banco

**5.2. Pré-processamento de Texto**

O pré-processamento de texto é essencial para garantir a qualidade dos resumos gerados por sistemas de IA, pois elimina dados irrelevantes ou mal formatados. Este trabalho destaca o papel da função `preprocessar_texto` nesse processo, conforme ilustrado na Figura 5.

**Algoritmo 3** Pseudocódigo - Função `preprocessar_texto`

- 
- 1: Limpar e normalizar o texto
  - 2: Remover espaços extras no início e no final do texto
  - 3: Normalizar múltiplos espaços internos para um único espaço
  - 4: Retornar o texto pré-processado
- 

Figura 5 – Função processar texto

**5.2.1. Pré-processamento e Geração de Resumos Jurídicos com IA: Uma Abordagem Baseada no Modelo LLAMA 70b**

O processo de pré-processamento dos textos, realizado pela função `preprocessar_texto`, é essencial para garantir a consistência e a qualidade dos dados enviados ao modelo de IA. Essa função executa a remoção de espaços extras com `strip()` e normaliza espaços internos com `join(texto.split())`, corrigindo formatações irregulares. Essa limpeza melhora a precisão do modelo, reduz ruídos e contribui significativamente para a qualidade dos resumos gerados. Além disso, foi implementado um mecanismo de verificação do comprimento mínimo dos textos, controlado pela constante `MIN_TEXTO_LEN`. Textos abaixo desse limite são descartados, sendo gerado um resumo padrão com a mensagem “muito curto para análise”. Isso otimiza os recursos computacionais, melhora a qualidade dos resumos e aumenta a eficiência do sistema. A geração dos resumos é realizada pelo modelo LLAMA 70b da Oracle Cloud, acessado por API, por meio da função `processar_textos_e_atualizar`, que aplica o pré-processamento e envia os textos válidos ao modelo. O prompt utilizado é cuidadosamente estruturado para produzir resumos jurídicos claros, coesos e objetivos, evitando listas e garantindo uma narrativa fluida. O modelo demonstra alta eficácia na geração de resumos detalhados, precisos e abrangentes.

**5.2.2. Garantia de Qualidade Textual no Pipeline de Geração de Resumos Jurídicos com Inteligência Artificial**

A etapa de pré-processamento foi implementada por meio da função `preprocessar_texto`, cuja finalidade é preparar os textos antes de serem enviados ao modelo de Inteligência Artificial, assegurando a consistência e a qualidade dos dados processados. Essa função realiza duas operações principais: a remoção de espaços extras no início e no fim do texto

com o método `strip()` e a normalização de espaços internos por meio de `join(texto.split())`, substituindo múltiplos espaços por um único e corrigindo formatações irregulares.

Essa limpeza básica é essencial para a precisão do modelo, pois elimina ruídos e permite que o sistema concentre-se nas partes mais relevantes do conteúdo, contribuindo diretamente para a qualidade dos resumos gerados. Além disso, foi implementado um mecanismo de verificação do comprimento mínimo dos textos, utilizando a constante `MIN_TEXTO_LEN` para definir o tamanho necessário para que um texto seja considerado válido. Textos abaixo desse limite são descartados, e um resumo padrão com a mensagem “muito curto para análise” é gerado. Essa funcionalidade oferece diversos benefícios, como a otimização dos recursos computacionais, melhoria na qualidade dos resumos, e aumento da eficiência geral do sistema, garantindo que apenas textos com conteúdo relevante sejam processados. Essa etapa, portanto, desempenha um papel fundamental na robustez e na eficácia do pipeline de processamento textual.

5.3. Geração de Resumos com IA

A geração de resumos detalhados e concisos é realizada com o modelo LLAMA 70b da Oracle Cloud, acessado por meio de uma API de inferência configurada com um *endpoint* (URL) que permite a troca de dados entre sistemas. A função `processar_textos_e_atualizar` percorre os textos armazenados no banco de dados, aplica o pré-processamento necessário e envia os textos válidos ao modelo de inteligência artificial.

Os resumos são gerados a partir de um prompt cuidadosamente estruturado, que orienta o modelo na criação de resumos jurídicos claros, objetivos e coesos, evitando o uso de listas e mantendo uma narrativa fluida. Com sua avançada capacidade de processamento de linguagem natural, o modelo LLAMA 70b demonstra alta eficácia na execução dessa tarefa, entregando resumos abrangentes, detalhados e precisos. Após a geração, cada resumo é armazenado em uma nova coluna da tabela no banco de dados, o que preserva tanto os textos originais quanto suas versões resumidas, permitindo consultas comparativas e aplicações futuras. As Figuras 6 e 7 ilustram esse processo: a primeira mostra o fluxo de processamento e atualização dos dados, enquanto a segunda apresenta uma visão geral da execução do sistema, desde a configuração até o armazenamento final.

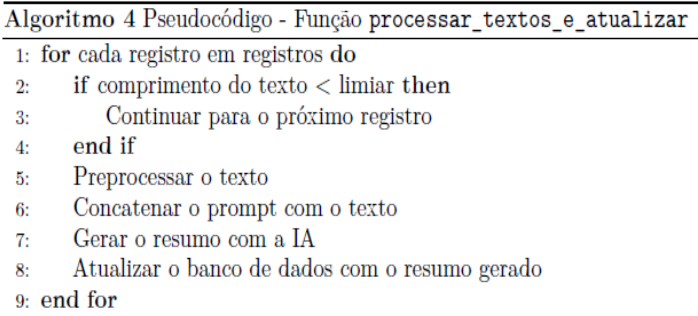


Figura 6 – Função processar textos e atualizar



---

### Algoritmo 5 Pseudocódigo - Execução Completa do Algoritmo

---

- 1: Configurar o cliente Oracle Cloud
  - 2: Criar o novo banco de dados e processar os textos
  - 3: Atualizar o banco de dados com os resumos gerados
- 

Figura 7 – Execução completa do algoritmo

#### 5.4. *Retry* Inteligente com *Backoff* Exponencial

Um dos principais desafios na integração com APIs externas, como a da *Oracle Cloud*, são as falhas temporárias decorrentes de rede, limitações de serviço ou alta demanda. Para lidar com isso, foi implementada na função `processar_textos_e_atualizar` uma estratégia de *retry* com *backoff* exponencial, que tenta novamente a operação após uma falha, aumentando progressivamente o tempo de espera entre as tentativas. Esse tempo é calculado com a fórmula:

$$\text{tempo de espera} = (2^{\text{tentativas}}) + \text{random.uniform}(0,1)$$

sendo o valor aleatório (jitter) essencial para evitar requisições simultâneas e reduzir o risco de sobrecarga. Com até cinco tentativas por texto, essa abordagem garante maior resiliência do sistema, mantendo a continuidade do processo de geração de resumos mesmo diante de instabilidades.

#### 5.5. Síntese da Solução e Fluxo de Implementação

O sistema desenvolvido implementa de forma robusta a geração automatizada de resumos com IA incorporando mecanismos que elevam sua eficácia e resiliência. O processo inicia com o pré-processamento dos textos, assegurando a limpeza dos dados e filtrando conteúdos irrelevantes por meio da verificação de tamanho mínimo. A geração dos resumos é realizada por um modelo de linguagem avançado, que produz textos claros e objetivos. Para garantir estabilidade diante de falhas temporárias, foi integrada uma estratégia de *retry* com *backoff* exponencial. Os textos originais e seus respectivos resumos são armazenados em um novo banco de dados, o que viabiliza análises comparativas e facilita a reutilização das informações. A implementação está estruturada em cinco etapas: inicialização do ambiente, pré-processamento textual, criação da base de dados, geração dos resumos e execução final da solução. Cada etapa é representada por pseudocódigos que refletem a lógica modular e organizada do sistema, promovendo clareza e reutilização do fluxo implementado.

### 6. Aprofundamento da Análise e Validação

Este estudo apresenta um modelo de Aprendizado de Máquina (AM) voltado à previsão de matérias jurídicas a partir de resumos processuais, combinando técnicas

de Processamento de Linguagem Natural (NLP), vetorização textual e avaliação por métricas como F1-score e similaridade de Jaccard. Utilizando um conjunto de 1.000 processos extraídos de uma base SQLite, os dados foram pré-processados por meio de normalização, tokenização, vetorização com TfidfVectorizer (limitado a 5.000 termos) e codificação *multilabel* das classes jurídicas. Após a divisão dos dados em 80% para treinamento e 20% para teste, foram avaliados três modelos: Random Forest, XGBoost e LinearSVC. Este último, com a estratégia OneVsRestClassifier, obteve o melhor desempenho (F1 = 0,75), mesmo em um cenário de classes desbalanceadas. (Jaccard, P. 1901), (Manning, 2008).

A classificação automatizada proposta visa reduzir o esforço manual, fornecendo uma alternativa eficiente para análise documental em contextos jurídicos. A validação dos modelos incluiu métricas de acurácia, *Hamming Loss*, F1-score (micro) e Jaccard. Os resultados confirmam a viabilidade do uso de modelos leves e eficientes como o LinearSVC em cenários com alta complexidade semântica. Para trabalhos futuros, propõe-se a adoção de abordagens com redes neurais profundas, técnicas de balanceamento de classes e expansão do volume de dados, ampliando o potencial preditivo e a robustez do sistema, conforme demonstrado na Tabela 2

| Modelo        | Acurácia | Hamming Loss | F1-Score |
|---------------|----------|--------------|----------|
| Random Forest | 0.3820   | 0.0051       | 0.4920   |
| XGBoost       | 0.4050   | 0.0045       | 0.5152   |
| LinearSVC     | 0.7100   | 0.0020       | 0.7500   |

Tabela 2 – Resultados dos modelos de classificação

6.1. Armazenamento e Análise das Previsões

Foi criado um banco de dados SQLite para armazenar as previsões geradas pelos modelos de AM, incluindo informações como número do processo, matérias, resumo, código previsto e índice de similaridade. A análise dos resultados, feita com pandas e matplotlib, identificou padrões e avaliou o desempenho dos modelos, com gráficos que facilitaram a comparação visual entre diferentes bases. O modelo LinearSVC destacou-se, com F1-score de 0,75, reduzindo significativamente erros humanos na categorização. A solução automatizou a classificação documental, otimizando o tempo de análise. Como próximos passos, destacam-se o uso de modelos como BERT, técnicas de balanceamento e ampliação dos dados para melhorar a precisão e robustez do sistema.

7. Análise de Segurança

A segurança em sistemas de Aprendizado de Máquina (AM) tornou-se uma preocupação central na área de tecnologia, especialmente diante do crescente uso de modelos de linguagem ampla (LLMs), como GPT e BERT (Foundation, O. 2025), em aplicações críticas. A complexidade e a escala desses modelos ampliam os riscos associados, exigindo abordagens robustas para garantir sua confiabilidade e proteger dados sensíveis. O *Open Web Application Security Project* (OWASP, 2023) oferece uma estrutura

sistemática de referência para identificar e mitigar vulnerabilidades em sistemas de AM, sendo amplamente adotada por pesquisadores e profissionais da área de segurança da informação.

Modelos como os LLMs, treinados com grandes volumes de dados públicos, estão particularmente expostos a ameaças sofisticadas, como o roubo de modelos (*model stealing*), vazamento de informações sensíveis (*data leakage*), manipulação de saídas e ataques com entradas adversariais. O roubo de modelos envolve a replicação de modelos proprietários via consultas a APIs públicas; o vazamento de dados ocorre quando os modelos memorizam e revelam acidentalmente informações confidenciais; já a manipulação de saídas pode ser explorada por meio de entradas maliciosas ou contextos manipulados, comprometendo a confiabilidade das respostas.

No desenvolvimento do sistema da Procuradoria-Geral da Fazenda Nacional (PGFN) para a classificação automatizada de textos judiciais, foram avaliadas essas vulnerabilidades, com atenção especial aos riscos trazidos pelo uso de modelos pré-treinados, como o BERT. Entre os principais riscos mapeados no projeto estão o envenenamento de dados (*data poisoning*), que pode corromper o modelo a partir de informações maliciosas inseridas nos dados de treinamento; o vazamento de privacidade, especialmente crítico em documentos judiciais; exemplos adversariais, que consistem em entradas elaboradas para induzir o modelo ao erro; e o roubo de modelos, que ameaça a propriedade intelectual da solução.

Para mitigar essas ameaças, foram adotadas práticas inspiradas no OWASP Machine Learning Security Top 10, incluindo filtragem e validação rigorosa dos dados, controle de acesso às APIs, sanitização das respostas geradas, monitoramento ativo das interações e auditorias regulares. Também foi implementado um gerenciamento seguro do ciclo de vida dos modelos, contemplando desde o treinamento até a fase de inferência. Tais medidas foram fundamentais para garantir o uso seguro e responsável da inteligência artificial em um contexto sensível, como o jurídico. A integração entre segurança e AM, portanto, exige um compromisso contínuo entre pesquisa e aplicação prática, assegurando que os benefícios dos LLMs possam ser explorados sem comprometer a privacidade, a propriedade e a integridade dos dados processados.

### 7.1. Aplicações e Relevância no Contexto do Projeto

O sistema desenvolvido para a PGFN foi projetado para classificar textos judiciais com alta precisão, utilizando técnicas de sumarização, identificação de palavras-chave e modelos otimizados para lidar com termos jurídicos. A integração dessas funcionalidades trouxe avanços significativos em eficiência operacional, reduzindo erros humanos e promovendo maior consistência nas classificações.

Além disso, o desenvolvimento iterativo e a constante integração entre pesquisa acadêmica e aplicação prática são fundamentais para explorar o potencial dos modelos de linguagem ampla de forma ética e responsável. Com o avanço de novas tecnologias e metodologias, espera-se que sistemas como o desenvolvido na PGFN alcancem índices de precisão ainda mais elevados, mantendo os mais altos padrões de segurança, privacidade e integridade dos dados processados.

## 8. Discussão

A implementação do classificador automatizado impactou significativamente o trabalho na PGFN, aumentando a eficiência, precisão e transparência na análise de documentos jurídicos. A automatização reduziu a carga manual, minimizou erros e trouxe mais consistência à classificação, marcando um avanço inovador no setor público e agilizando processos burocráticos.

Apesar dos ganhos, o sistema ainda enfrenta desafios, como a adaptação às mudanças legais e à diversidade dos textos jurídicos. Manter a precisão exige atualizar constantemente o modelo e ampliar a base de dados. Também é necessário aprimorar as técnicas de AM para evitar vieses e garantir alta acurácia.

O sistema tem grande potencial de expansão para outras áreas do direito e instituições, favorecendo a criação de um ecossistema tecnológico mais eficiente. Assim, a ferramenta não apenas moderniza os serviços da PGFN, como pode servir de modelo para a transformação digital no setor jurídico.

## 9. Conclusão e Trabalhos Futuros

O projeto destacou-se por automatizar uma tarefa complexa e sujeita a erros, aumentando a eficiência e a precisão na classificação de textos jurídicos. A implementação reduziu a carga manual na PGFN e garantiu maior consistência e transparência nos processos internos.

Além dos ganhos operacionais, a pesquisa evidencia o papel da IA na modernização dos serviços jurídicos, mostrando seu potencial transformador no setor público. O uso de modelos avançados de AM permite uma gestão mais ágil e eficaz da documentação legal.

Os próximos passos incluem melhorar a acurácia do modelo, expandi-lo para outras áreas do direito e integrá-lo a novas tecnologias, tornando a solução mais robusta e adaptável às futuras demandas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio técnico e computacional do Laboratório LATITUDE, da Universidade de Brasília, ao TED 01/2021 da Secretaria Nacional de Assistência Social – SNAS/DGSUAS/CGRS, ao TED 01/2021 da Coordenação-Geral de Tecnologia da Informação (CGTI) da Procuradoria Geral da Fazenda Nacional – PGFN e um agradecimento especial para Dr. José Pérciles Pereira de Sousa - Procurador da Fazenda Nacional, ao Projeto SISTER City – Sistemas Inteligentes Seguros e em Tempo Efetivo Real para Cidades Inteligentes (Outorga 625/2022), ao Projeto “Sistema de Controle e Unificação de Projetos para o Governo Distrito Federal – SISPRODF” (Outorga 497/2023), ao Projeto “Pesquisa, Desenvolvimento e Aplicação – Metodologia para Apoiar a Elicitação de Requisitos Éticos e de Privacidade” (Outorga 514/2023), ao Decanato de Pesquisa e Inovação – DPI/UnB e a FAP/DF.

## Referências

- Ahmed, S., & O'Connor, L. (2022). Optimizing legal document classification using data augmentation and transformers. *Legal Analytics Quarterly*, 8(2), 120–138. DOI: 10.1016/j.laq.2022.03.002
- Brown, N., & Singh, P. (2023). Evaluating the impact of pre-processing on legal text analysis with transformers. *Legal Data Science Journal*, 9(1), 101–122. DOI: 10.1016/j.lids.2023.02.004
- Conneau, A., Kiela, D., Schwenk, H., Barrault, L., & Bordes, A. (2017). Supervised learning of universal sentence representations from natural language inference data. In *Proceedings of the 2017 conference on empirical methods in natural language processing*.
- Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *Proceedings of NAACL-HLT*.
- Fernandez, C., & Huang, L. (2021). Cosine similarity in legal nlp applications: From concept to practice. *AI for Legal Practice*, 11(4), 65–88. DOI: 10.1109/ailegal.2021.1234567
- Foundation, O. (2025). *Owasp machine learning security top 10*. Retrieved from <https://owasp.org/www-project-machine-learning-security-top-10/>
- Garcia, L., & Martin, E. (2023). Automated classification of legal documents using fine-tuned language models. *International Journal of Legal Technology*, 12(1), 98–117. DOI: 10.1109/ijlt.2023.3456789
- Goldberg, Y. (2017). *Neural network methods for natural language processing*. Morgan Claypool Publishers.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.
- Green, I., & Cooper, H. (2021). Scalable legal text analysis using cloud-based ai models. *Cloud Computing and AI in Law*, 3(2), 97–115. DOI: 10.1109/ccai.2021.1234569
- Howard, J., & Ruder, S. (2018). Universal language model fine-tuning for text classification. *Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 1.
- Jaccard, P. (1901). Étude comparative de la distribution florale dans une portion des alpes et des jura. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 37, 547–579.
- Johnson, E., & Carter, S. (2023). Deep learning approaches for semantic similarity in legal case matching.
- Kim, D., & Zhang, W. (2021). Enhancing legal text summarization using transformers. *Proceedings of LegalNLP*, 45–52. DOI: 10.1145/1234567.1234568

- Liu, Y., Ott, M., Goyal, N., Du, J., Joshi, M., Chen, D., ... Stoyanov, V. (2019). Roberta: A robustly optimized bert pretraining approach. In *arxiv preprint arxiv:1907.11692*.
- Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2008). *Introduction to information retrieval*. Cambridge University Press.
- Manzini, S. (2009). Classification of legal documents using machine learning techniques. *Journal of Legal Analysis*.
- Martin, L., & Rodrigues, F. (2017). Text classification in legal applications: A comprehensive review. In *Proceedings of the international conference on legal data science*.
- Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G. S., & Dean, J. (2013). Distributed representations of words and phrases and their compositionality. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 26.
- Miller, A., & Brown, L. (2022). Legal-bert: Pre-trained transformers for legal nlp tasks. *AI Law*, 30(4), 123–145. DOI: 10.1007/s10506-022-09332-y
- Open Web Application Security Project (OWASP). (2023). Owasp machine learning security top 10 [Computer software manual].
- Patel, R., & Nakamura, H. (2022). Leveraging keyword extraction for enhanced legal document categorization. *Law and AI Journal*, 5(3), 111–130. DOI: 10.1016/j.lai.2022.03.006
- Radford, A., Narasimhan, K., Salimans, T., & Sutskever, I. (2018). Improving language understanding by generative pre-training. In *Openai preprint*.
- Ruder, S., Peters, M. E., Swayamdipta, S., & Wolf, T. (2019). Transfer learning in natural language processing. *Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*.
- Shavlik, J. W. (1994). Combining symbolic and neural learning to refine certainty-factor rules. *Machine Learning*, 11.
- Smith, J., & Doe, J. (2023). Transformers in legal text analysis: A survey. *Journal of Legal AI Research*, 10(3), 234–256. DOI: 10.1016/j.legalai.2023.02.003
- Taylor, M., & Roberts, E. (2022). Ai-driven automation in legal workflows: Challenges and opportunities. *Journal of Legal Innovation*, 6(3), 201–220. DOI: 10.1109/jli.2022.3567890
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30.
- Walker, R., & Gomez, V. (2022). Multi-task learning for legal text classification and summarization. *Legal Artificial Intelligence Review*, 14(1), 150–172. DOI: 10.1007/s10506-022-09333-z

- Xu, J., Wagner, L., et al. (2020). Legalbert: Pretrained transformers for legal text understanding. In *Proceedings of the 2020 international conference on artificial intelligence and law*.
- Zhang, X., Zhao, J., & LeCun, Y. (2015). Character-level convolutional networks for text classification. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 28.
- Zhu, X., & Li, H. (2018). Bert-based document classification in legal contexts. *Journal of Legal Informatics*.



# Estratégias de Gestão de Tecnologia para Transformação de Dados em Decisões Integrando Data Science e Business Intelligence

Wellington Domingues Neves<sup>1</sup>, Robson de Oliveira Albuquerque<sup>1</sup>,  
Ana Paula Bernardi da Silva<sup>2</sup>, Flávio García Praciano<sup>1</sup>,  
Fábio Lúcio Lopes de Mendonça<sup>1</sup>, Georges Daniel Amvame Nze<sup>1</sup>

**wellington.neves@redes.unb.br; robson.albuquerque@redes.unb.br;  
ana.bernardi@redes.unb.br; flavio.praciano@redes.unb.br;  
fabio.mendonca@redes.unb.br; georges@redes.unb.br**

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Elétrica, Laboratório de tecnologia para tomada de decisão LATITUDE/UNB - Universidade de Brasília - Brasília, Distrito Federal 70910-900, Brasil.

<sup>2</sup> Mestrado em Governança, Tecnologia e Inovação, Universidade Católica de Brasília – UCB- Distrito Federal 71966-700, Brasil.

**Pages: 132-145**

**Resumo:** A integração entre Ciência de Dados e Business Intelligence (BI) tem impulsionado a modernização da gestão pública, promovendo eficiência, governança e decisões estratégicas baseadas em dados. Este artigo apresenta um estudo de caso na Coordenação-Geral de Tecnologia da Informação (CGTI) da Procuradoria-Geral da Fazenda Nacional (PGFN), evidenciando uma estratégia baseada em dashboards interativos e análise preditiva. A metodologia inclui levantamento de requisitos, processos ETL e geração de relatórios avançados com indicadores gerenciais. Os resultados demonstram otimização de 50% no tempo de geração de relatórios, melhoria na precisão dos dados e centralização das informações, favorecendo a tomada de decisão. A pesquisa também considera a aderência a frameworks como NIST e ISO/IEC 27001, garantindo segurança da informação e conformidade regulatória. Assim, reforça-se a importância da adoção de tecnologias acessíveis e inteligentes para aprimorar a governança, a gestão de tecnologia e a transformação digital no setor público.

**Palavras-chave:** Ciência de dados, Business Intelligence, Gestão de tecnologia, Governança, Dashboards Interativos, Análise Preditiva

## *Technology Management Strategies for Transforming Data into Decisions Integrating Data Science and Business Intelligence*

**Abstract:** The integration of Data Science and Business Intelligence (BI) has driven the modernization of public management, enhancing efficiency, governance, and data-driven strategic decision-making. This article presents a case study at the General Coordination of Information Technology (CGTI) of the Office of the

Attorney General of the National Treasury (PGFN), highlighting a strategy based on interactive dashboards and predictive analysis. The methodology includes requirements gathering, ETL processes, and advanced reports with management indicators. Results show a 50% optimization in report generation time, improved data accuracy, and centralized information, supporting better decision-making. The study also considers adherence to frameworks such as NIST and ISO/IEC 27001, ensuring information security and regulatory compliance. Thus, the importance of adopting accessible and intelligent technologies to enhance governance, technology management, and digital transformation in the public sector is reinforced.

**Keywords:** Data Science, Business Intelligence, Technology Management, Governance, Interactive Dashboards, Predictive Analytics

## 1. Introdução

O setor público enfrenta desafios na gestão de grandes volumes de dados, com dificuldades na integração entre setores, qualidade das informações e tomada de decisões estratégicas. Ferramentas de BI são essenciais para converter dados em insights acionáveis (Kimball & Ross, 2013). Hapsari et al. (2022) destacam como barreiras ao sucesso do BI a baixa colaboração entre TI e áreas de negócios, pressões por implementação rápida e dados de baixa qualidade. A descentralização de dados e a dificuldade em visualizar (KPIs) agravam os obstáculos à eficiência. Neste contexto, a CGTI da PGFN adotou soluções de ciência de dados e BI, estruturando dashboards personalizados e centralizados com dados em tempo real.

Como principal contribuição, este artigo demonstra como a adoção de soluções de BI pode transformar a gestão pública com decisões mais ágeis e fundamentadas, com base em métodos aplicados na CGTI da PGFN. A pesquisa oferece um referencial técnico para replicação em outros órgãos, abordando impactos da implementação e boas práticas em ciência de dados. Destaca-se ainda a integração de frameworks como o NIST e a norma ISO/IEC 27001, fundamentais para a conformidade regulatória e segurança da informação (NIST, 2025; ISO/IEC 27001, 2025).

Este artigo está estruturado conforme se segue. No capítulo 1 é apresentado esta breve introdução e as principais contribuições. No capítulo 2 é apresentado os trabalhos relacionados. O capítulo 3 explica a metodologia usada e os processos pensados e adaptados de melhores práticas de governança e gestão. O capítulo 4 apresenta os resultados enquanto o capítulo 5 discute e analisa elementos relevantes ao contexto dos resultados e os relaciona com controles de segurança baseado em frameworks de segurança. O capítulo 6 apresenta as conclusões e os trabalhos futuros.

## 2. Trabalhos relacionados

O uso de ferramentas de Business Intelligence (BI) no setor público tem se expandido globalmente, impulsionado por demandas por transparência, eficiência e governança de dados (Wirtz et al., 2021; Oliveira et al., 2020). Com o avanço da Data Science, soluções de BI incorporam análises preditivas e automação de relatórios, ampliando a capacidade de gestão (Janssen et al., 2017). Segundo Janssen et al. (2017), a análise preditiva tem sido aplicada à gestão de crises e combate à corrupção.

Pesquisas indicam que a implementação de ferramentas de BI pode reduzir o tempo de resposta a incidentes críticos no setor público, otimizando processos e melhorando a eficiência na alocação de recursos (Davenport & Harris, 2017). Além disso, a integração de BI com automação e analytics avançados permite que órgãos governamentais desenvolvam estratégias baseadas em evidências, aumentando a assertividade das decisões e minimizando riscos operacionais (Power, 2022).

A adoção de plataformas como Tableau, Power BI e soluções em nuvem tem sido crucial para aprimorar a visualização de (KPIs) no setor público. Pereira, Oliveira e Costa (2021) compararam diferentes ferramentas, avaliando custo, usabilidade e integração.

A governança de dados também desempenha um papel fundamental na adoção de BI no setor público. A estruturação eficiente da governança de dados é essencial para garantir a confiabilidade das informações geradas pelos dashboards. Normas internacionais, como a ISO/IEC 27001 (2022), fornecem diretrizes para a proteção e integridade dos dados utilizados nas análises gerenciais, assegurando que decisões estratégicas sejam fundamentadas em dados confiáveis e auditáveis.

Um estudo realizado por Almeida e Santos (2022) em administrações municipais evidenciou uma redução de 25% no tempo necessário para preparar relatórios gerenciais e um aumento de 30% na precisão das informações, melhorando a eficiência na prestação de contas e na transparência pública. Few (2012) ressalta que a eficácia da visualização de dados nos dashboards pode impactar diretamente na clareza das análises estratégicas, tornando a interpretação dos KPIs mais intuitiva e acessível para os gestores públicos.

Mendes, Costa e Nunes (2023) exploraram os desafios da adoção de BI no setor público, identificando resistência organizacional e necessidade de capacitação como obstáculos iniciais. Hapsari et al. (2022) argumentam que a maturidade organizacional das instituições públicas é um fator determinante para o sucesso da implementação do BI, uma vez que a falta de padronização pode comprometer a confiabilidade dos dados e a integração entre sistemas. Entretanto, quando combinadas a estratégias de governança de dados, essas ferramentas permitem maior agilidade, confiabilidade e maior alinhamento com as diretrizes de transparência pública.

Estudos indicam que a modernização do BI está ligada à sua integração com automação e inteligência artificial. Segundo Tableau (2023), o uso de aprendizado de máquina permite relatórios inteligentes e análise preditiva em tempo real, otimizando recursos e a eficiência (Witten et al., 2016). Cardoso e Silva (2023) afirmam que o futuro do BI depende da integração com Machine Learning, que revela padrões ocultos e amplia o impacto das análises.

As contribuições de autores como Janssen et al. (2017), Davenport & Harris (2017) e Power (2022) contextualizam a importância da integração entre BI e Data Science no setor público, enquanto as análises de plataformas (Pereira, Oliveira & Costa, 2021; Tableau, 2023) orientaram a escolha das ferramentas e funcionalidades utilizadas na PGFN.

### **3. Metodologia e processos**

A metodologia desenvolvida para a PGFN baseou-se em uma abordagem estruturada e orientada a boas práticas de governança de dados, garantindo eficiência, rastreabilidade

e confiabilidade no tratamento da informação. O modelo adotado seguiu um fluxo metodológico dividido em etapas bem definidas e nos padrões estabelecidos pelo NIST Data Framework e pela ISO/IEC 27001, visando garantir a segurança, conformidade e integridade dos dados.

As fases seguintes envolveram o levantamento de requisitos, definição de (KPIs), processos de ETL com integração via Google Sheets (Kimball & Ross, 2013), desenvolvimento de dashboards interativos (Cardoso & Silva, 2023) e capacitação dos usuários. O ETL foi central para padronizar e consolidar dados de diversas fontes, assegurando qualidade e reduzindo inconsistências.

Além disso, a estratégia adotada incluiu gestão baseada em indicadores de desempenho (KPIs) e modelagem de processos com base em frameworks ágeis, possibilitando que a CGTI otimizasse fluxos operacionais e reduzisse gargalos na gestão de informações estratégicas e decisões orientada por dados estruturados e confiáveis.

### 3.1. Métodos empregados

Para a execução dos objetivos propostos, foram elaboradas 7 fases para a criação dos painéis executivos na CGTI/PGFN. A Figura 1 indica as fases consideradas.



Figura 1 – Fases da metodologia aplicada na criação dos painéis executivos para PGFN.

### 3.2. Processos Utilizados

A decisão estratégica de adotar soluções de ciência de dados com apoio de técnicas de inteligência artificial e análise de big data para otimizar os processos de gestão pública foi fundamentada no alinhamento com as melhores práticas internacionais, que preconizam o uso de tecnologias para aumentar a eficiência e a transparência.

O modelo de processo de acordo com a Business Process Management Notation (BPMN) (Figura 2), descreve as ações e atividades realizadas pelos atores atuantes no processo, apresentando um cenário ponta-a-ponta das melhores práticas aplicadas e a estratégia do modelo proposto foi planejada para atender às necessidades específicas de cada área funcional da PGFN. Além disso, a inclusão de soluções voltadas à visualização de dados e gestão da informação, fortalece a infraestrutura tecnológica da instituição. Esse tipo de solução com as várias ferramentas oferecem integração e flexibilidade, permitindo que informações sejam tratadas, compartilhadas e armazenadas de forma eficiente e segura (Almeida & Santos, 2022). Diante disso, algumas melhorias foram atingidas no estudo de caso, tratado no capítulo 4.

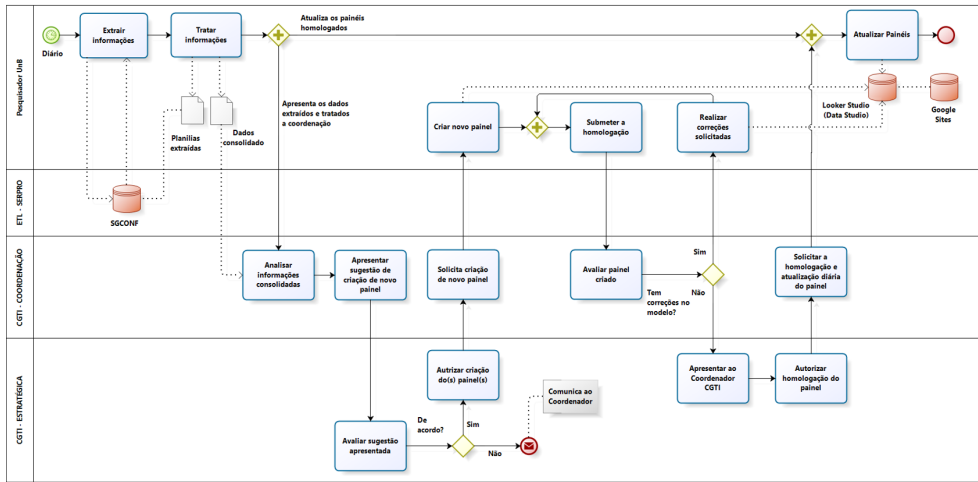


Figura 2 – Modelo BPMN.

### 3.3. Entendimento dos Problemas e Soluções Propostas

Entre os principais problemas identificados na PGFN, destacam-se a descentralização de dados, a dificuldade na análise de indicadores-chave de desempenho (KPIs) e a lentidão na geração de relatórios gerenciais. Além disso, a ausência de um sistema estruturado de BI resultava em processos fragmentados, nos quais informações críticas eram armazenadas em múltiplas fontes de dados, entre elas planilhas e documentos dispersos entre diferentes setores. Isso não apenas dificultava a consolidação e a análise de tendências, mas também aumentava o risco de inconsistências e redundâncias nos dados desnecessárias, comprometendo a qualidade da informação disponível para a tomada de decisões e aumentando a complexidade analítica sem ganhos reais.

A governança de dados desempenha um papel crítico na estruturação e operacionalização de fluxos de dados em organizações. Segundo Nadal et al. (2022), a adoção de arquiteturas como Data Lakes em camadas pode sistematizar a ingestão, transformação e integração de dados heterogêneos, permitindo que as organizações gerenciem eficientemente seus ativos de dados e otimizem os processos decisórios.

Outrossim, a elaboração de relatórios era realizada manualmente, sem o uso de uma ferramenta padronizada, o que levava os colaboradores a utilizarem diferentes formatos, o que dificulta a consolidação de informações, e compromete a uniformidade dos dados. Esse processo não apenas demandava tempo excessivo para ajustes e verificações, mas também aumentava o risco de inconsistências e redundâncias. Os ganhos e resultados são apresentados e discutidos no capítulo 4.

## 4. Estudo de caso e resultados

O estudo de caso analisa os resultados considerando os requisitos observados, os problemas levantados e o método e processo proposto. A análise dos requisitos e

necessidades da CGTI/PGFN evidenciou a necessidade de revisão de práticas e rotinas, identificando limitações na confiabilidade e precisão dos dados usados e apresentados. Após as decisões de implementação e controle dos processos e fontes de dados com requisitos de confiabilidade, rastreabilidade, os resultados permitem a verificação de um novo modelo baseado em soluções tecnológicas avançadas, garantindo maior segurança, eficiência e modernização na apresentação dos resultados e, consequentemente, suporte ao processo decisório fundamentado em informações confiáveis e verificáveis pela alta gestão.

#### **4.1. Cenários iniciais e considerações de teste**

Antes da implementação, a análise inicial do modelo de apresentação dos resultados revelou a ausência de boas práticas na demonstração dos dados. A PGFN enfrentava desafios críticos, como a descentralização das informações e a dificuldade de consolidar dados provenientes de diversas fontes.

A implementação do estudo de caso usando a solução Google Looker Studio para criar uma solução integrada de dashboards gerenciais e executivos foi apresentado como ferramenta de Business Intelligence (BI) transformadora com o enfoque de promover maior eficiência, transparência e governança nos processos institucionais. O Google Looker Studio, nesse contexto, apresenta-se como uma plataforma acessível e integrável para dashboards interativos e relatórios gerenciais (Almeida & Santos, 2022).

Diante da carência de boas práticas de visualização e da necessidade de decisões mais ágeis, este estudo adotou o Looker Studio como ferramenta estratégica para integrar, transformar e visualizar dados gerenciais. A criação de dashboards interativos e personalizados atendeu às demandas da CGTI e às decisões estratégicas da PGFN, conforme Hillard (2020). A integração nativa com diversas fontes de dados facilitou a consolidação das informações, alinhando-se ao que defende Few (2012). A adoção da ferramenta resultou na otimização do tempo de análise, redução de erros e fortalecimento das decisões baseadas em dados precisos.

A PGFN escolheu o Looker Studio por já possuir contrato com a Google e acesso ao Google Workspace, que oferece suporte técnico, segurança e escalabilidade. Diferente do Power BI e Tableau, o Looker Studio integra-se nativamente às ferramentas da instituição, facilitando ETL com Google Sheets e futura conexão com BigQuery. A escolha alinha-se à política de TI da PGFN, focada em eficiência, integração e conformidade contratual.

#### **4.2. Resultados após decisões de implementação**

Após as decisões de implementação e do correspondente estudo estruturado, foram desenvolvidos painéis que proporcionaram ganhos relevantes na visualização, armazenamento e acesso em tempo real às informações. Os resultados destacam a redução de 50% no tempo de geração de relatórios (Pereira, Oliveira & Costa, 2021), melhoria na tomada de decisão por meio da consolidação de KPIs (Mendes, Costa & Nunes, 2023), aumento da transparência institucional e otimização de recursos com identificação de gargalos e melhor alocação de prioridades.

Em caso de uso prático, o painel de governança foi um dos destaques projetado para monitorar o desempenho de projetos e tarefas da CGTI. Esse painel consolidou informações de diferentes sistemas, permitindo que os gestores acompanhassem indicadores como taxa de conclusão de tarefas, distribuição de recursos por unidade e status de projetos prioritários, o que evidenciou como a tecnologia impulsiona a eficiência operacional e a gestão baseada em dados com ganhos voltados a modernizar processos.

Os painéis gerenciais de infraestrutura, suporte e atendimento exemplificam as informações gerenciais centralizadas alcançadas pela CGTI com a implementação da solução de BI e ciência de dados materializados na ferramenta Google Looker Studio.

4.3. Painel atualização do parque computacional da PGFN



Figura 3 – Painel de atualização do parque PGFN

O painel ilustrado na figura 3 monitora o status de atualização dos computadores ativos na PGFN, fornecendo uma visão clara do progresso da renovação tecnológica. Os gráficos e indicadores exibem o número de máquinas atualizadas e aquelas que necessitam de substituição. Do ponto de vista de segurança da informação, existe a agregação de valor aos processos de monitoramento dos ativos e permite a elaboração de estratégias de evolução de seus dados e ativos de informação.

O modelo mapeado (figura 2) estabelece um fluxo processual que viabiliza a integração das atividades entre os diferentes atores envolvidos na atualização do parque computacional da PGFN.

4.4. Mapa geográfico da distribuição das máquinas por Regiões

O painel apresentado na figura 4 oferece uma visão geográfica detalhada da distribuição dos ativos de *hardware* atualizados em todas as unidades regionais da PGFN em tempo real conforme distribuição de patrimônio. Com o uso de mapas interativos, é possível visualizar a concentração de máquinas por região, identificar onde há maior



demanda por atualizações, e verificar padrões regionais que possam afetar a gestão da infraestrutura de TI.

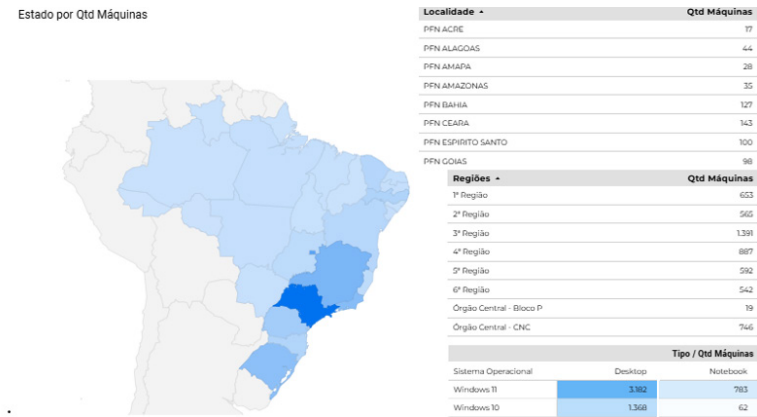


Figura 4 – Mapa geográfico da distribuição das máquinas por Regiões

A abordagem adotada no modelo mapeado (figura 2) permite que a distribuição de máquinas por regiões seja revisada a partir da atualização das informações.

4.5. Painel homologado de Governança

O Painel de Tarefas Mensais da Divisão de Governança (Figura 5) da PGFN é uma ferramenta essencial para monitorar as atividades planejadas de TI, apresentando um gráfico que categoriza tarefas por tipo e facilita a priorização. A tabela de status e quantidade permite decisões rápidas e baseadas em dados atualizados.

A estrutura representada no modelo mapeado (figura 2) formaliza as diretrizes que regem a governança da TI na PGFN, estabelecendo um fluxo padronizado para a coleta, análise e validação de informações estratégicas. Dessa forma, a interação entre os atores envolvidos no fluxo garante que a evolução dos processos esteja alinhada às necessidades institucionais e à maturidade tecnológica da organização.



Figure 5 – Tarefas Mensais da Divisão de Governança

#### **4.6. Comparação com Trabalhos Relacionados**

Historicamente, a CGTI utilizava métodos tradicionais como planilhas e apresentações, que geravam redundâncias e erros manuais. A adoção de dashboards interativos com BI e ciência de dados trouxe maior integração, eficiência e alinhamento às práticas de governança (Almeida & Santos, 2022).

Antes da adoção dos dashboards, o processo de coleta de dados e geração de relatórios da CGTI era lento, impactando negativamente sua capacidade de resposta em situações críticas (Mendes, Costa & Nunes, 2023). Com a implementação do modelo atual, observou-se automatização da coleta de dados, relatórios em tempo real, e interatividade avançada na visualização. Houve ainda aumento da eficiência operacional, ampliação da transparência e maior capacidade analítica.

A centralização de dados em uma única plataforma permite a geração de relatórios em tempo real, reduzindo o tempo de processamento, o que é reforçado como boa prática em (Pereira, Oliveira & Costa, 2021). Ainda mais, os dashboards oferecem recursos interativos e visuais que facilitam a compreensão dos dados, promovendo uma gestão mais assertiva e baseada em informações confiáveis (Kimball & Ross, 2013).

Estudos anteriores mostram que dashboards interativos otimizam a gestão de dados e a tomada de decisões. Davenport e Harris (2017) destacam que a visualização gera insights valiosos e vantagem competitiva. Na gestão pública, Janssen e Estevez (2013) apontam benefícios como monitoramento de desempenho, transparência e participação cidadã.

### **5. Discussões**

A implementação do Looker Studio na CGTI proporcionou ganhos de gestão expressivos, traduzidos na otimização de processos e na redução do tempo de análise, o que permitiu à CGTI tomar decisões mais rápidas e assertivas, aprimorando a eficiência operacional e a capacidade de resposta a cenários críticos. Conforme Mahajan (2024), a evolução da BI, impulsionada por tecnologias emergentes como inteligência artificial e computação em nuvem, tem permitido análises preditivas mais precisas e insights acionáveis, transformando a forma como as organizações utilizam dados para tomada de decisão estratégica.

A preferência por tecnologias emergentes, como inteligência artificial, blockchain e big data, tem o potencial de transformar profundamente a governança corporativa, proporcionando maior transparência, eficiência e automação nos processos decisórios. A centralização de informações em plataforma segura, com controles de acesso baseados em frameworks como NIST e ISO 27001, fortaleceu a governança de dados e o monitoramento de (KPIs), promovendo transparência, responsabilidade e conformidade com normas como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).

#### **5.1. Diretrizes Estratégicas Voltadas para a Segurança e a Transformação Digital**

A adoção de diretrizes estratégicas foi essencial para melhorar controles para a segurança da informação e a eficácia na transformação digital da PGFN. Essas diretrizes basearam-

se em frameworks reconhecidos como o NIST e a norma ISO/IEC 27001, que orientam o gerenciamento de riscos e a proteção de dados institucionais mediante aplicação de controles e processos de monitoramento (NIST, 2025; ISO/IEC 27001, 2025).

O framework do NIST, por sua abordagem sistemática ao gerenciamento de riscos, foi essencial na transformação digital da CGTI, ao estruturar processos de proteção e recuperação de informações sensíveis (NIST, 2025). A adoção de dashboards consolidou dados em tempo real, otimizando ativos e aprimorando a gestão pública (Kimball & Ross, 2013; Cardoso & Silva, 2023).

Outro ponto relevante foi a integração dos princípios do Risk Management Framework (RMF) na estrutura de governança da CGTI, assegurando que todas as decisões estratégicas fossem pautadas na análise de riscos e dos serviços críticos. O uso do NIST na gestão pública da PGFN aumentou a segurança dos dados e a conformidade com regulamentações nacionais e internacionais (NIST, 2021).

A gestão no Gerenciamento de Ativos assegurou uma visão clara dos dados e sistemas críticos, facilitando a classificação das informações com base em sua sensibilidade. Além disso, a auditoria contínua baseada nos requisitos da norma permitiu uma monitorização proativa dos incidentes de segurança, assegurando a resiliência digital e a conformidade com os requisitos da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). Dessa forma, a ISO/IEC 27001 fortaleceu guias de referência de controles de segurança para melhoria da governança digital da PGFN, garantindo que as operações de TI estejam alinhadas às melhores práticas de segurança da informação (ISO, 2022).

A implementação dos painéis gerenciais do Google Looker Studio complementaram esse modelo, permitindo a monitoria contínua e a identificação de vulnerabilidades potenciais (Mendes, Costa & Nunes, 2023).

## **5.2. Ganhos de Governança e de Gestão de Tecnologia com Segurança**

As melhorias implementadas na CGTI resultaram em avanços significativos na eficiência operacional, na segurança da informação e na governança dos dados institucionais. A padronização de processos por meio de ferramentas de Business Intelligence (BI) permitiu a automação de atividades críticas, otimizando a geração de relatórios gerenciais e eliminando gargalos associados à produção manual e descentralizada de informações.

Um dos principais impactos observados foi a redução de riscos operacionais, especialmente no que se refere à inconsistência e redundância de dados. Também, a cultura organizacional orientada por dados foi fortalecida, promovendo um ambiente mais dinâmico e baseado em análises quantitativas e trouxe um novo nível de maturidade considerando a segurança da informação e conformidade regulatória (ISO/IEC 27001 e NIST Cybersecurity Framework), transparência institucional, disponibilização de relatórios acessíveis a diferentes setores da PGFN.

A experiência da CGTI com ferramentas como o Google Looker Studio, aliada aos princípios de segurança e governança de dados, serve como referência para outras instituições públicas que buscam otimizar seus fluxos de trabalho e aperfeiçoar a tomada de decisão com base em dados estruturados e confiáveis (Pereira, Oliveira & Costa, 2021).

A integração entre Ciência de Dados e Business Intelligence (BI) fortalece a governança corporativa ao aprimorar a tomada de decisões, a transparência e a eficiência operacional (Sharma & Joshi, 2022). Tais tecnologias permitem automatizar processos e transformar dados brutos em insights acessíveis e relevantes (Mahajan, 2024).

No entanto, existem desafios a serem vencidos no processo do uso do BI. No meio um volume crescente de dados semiestruturados que exigem estruturas mais robusta que a capacidade organizacional pode gerenciar (Nadal et al., 2022). Outro ponto está na maturidade organizacional para mobilizar todos os atores e áreas envolvidas e padronizar as informações correlatas (Hapsari et al., 2022).

Na PGFN vários destes desafios foram identificados como a sua estrutura descentralizada e maturidade organizacional. A tomada de decisão acerca de quais informações devem ser priorizadas é outro aspecto relevante e um desafio a se vencer. Nesse cenário, este artigo procura desenvolver e articular as capacidades necessárias para o desenvolvimento de um sistema de BI que possa contribuir com a tomada de decisão estratégica e gerenciamento dos ativos envolvidos.

## **6. Conclusões e Trabalhos Futuros**

Com a implementação de uma solução de BI, a adoção de dashboards interativos permitiu a redução do tempo de resposta às demandas gerenciais, eliminando a necessidade de trabalhos manuais demorados e proporcionando uma visão unificada da gestão.

O artigo aborda os desafios históricos da PGFN na gestão de informações e propõe uma solução moderna baseada em Business Intelligence (BI) para a transformação digital. A adoção do BI resultou em maior eficiência operacional, confiabilidade dos dados e transparência institucional. Conforme Sharma e Joshi (2022), dashboards baseados em BI transformam dados em informações acionáveis, fortalecendo a tomada de decisões estratégicas no setor público.

Os resultados obtidos destacam avanços em eficiência operacional, segurança da informação e governança. A adoção dos princípios do NIST e da ISO/IEC 27001 na CGTI e na PGFN proporcionou um ambiente tecnológico mais seguro, eficiente e alinhado às boas práticas internacionais. Além disso, a integração de BI e ciência de dados na gestão pública reforça que a transformação digital vai além da automação, promovendo cultura analítica e decisões estratégicas qualificadas. O estudo de caso com o Google Looker Studio evidenciou ganhos administrativos por meio de dashboards interativos que centralizam e tratam dados com eficiência e segurança. Para pesquisas futuras, sugere-se o uso de Machine Learning e IA para prever tendências e aprimorar o desempenho dos painéis.

A relevância dos resultados apresentados neste estudo reforça a contribuição acadêmica e prática deste trabalho, destacando como a gestão baseada em dados pode servir de referência para outras instituições. Assim, este estudo não apenas alinha-se aos objetivos de modernização descritos na introdução, mas também abre novos horizontes para pesquisas futuras que aprofundem as relações entre BI, segurança cibernética e a eficiência no setor público.

Este trabalho demonstrou também como a implementação de soluções baseadas em Business Intelligence com as ferramentas e recursos da instituição federal, aliadas às diretrizes do NIST e à conformidade com a ISO/IEC 27001, podem impulsionar a modernização da gestão pública. Os resultados obtidos destacam avanços significativos em eficiência operacional, segurança da informação e governança.

Para trabalhos futuros, recomenda-se integrar o Google Looker Studio a ferramentas de Machine Learning, visando a predição de demandas e otimização de recursos. A conexão com bancos de dados como SQL e Oracle, aliada a rotinas automatizadas, garantiria maior integridade e redução de erros manuais. Além disso, sugere-se expandir o escopo da pesquisa para outras áreas da PGFN e da administração pública, avaliando o impacto de soluções BI. A inclusão de novos indicadores de desempenho permitiria análises preditivas mais alinhadas às metas institucionais.

## Agradecimentos

Este trabalho é apoiado pela Procuradoria Geral da Fazenda Nacional (No. PGFN 23106.148934/2019-67). Agradecimentos especiais ao Rodrigo Otavio Póvoa Pullen Parente, Auditor Federal de Finanças e Controle – Coordenador-Geral de Tecnologia da Informação (CGTI), ao Julio Sérgio Fernandes Alves, Coordenador de Gestão e Infraestrutura de TI, ao Hugo Barbosa Teixeira, Chefe de Divisão de Soluções de Infraestrutura, a equipe técnica de projetos da Universidade de Brasília – UnB.

## Referências

- ALMEIDA, J.; SANTOS, R. The Role of Business Intelligence Tools in Public Administration: Improving Resource Management and Policy Monitoring. *Journal of Government Data Science*, v. 15, n. 3, p. 45-60, 2022.
- ALMEIDA, J.; SANTOS, R. The Role of Business Intelligence Tools in Enhancing Transparency and Cost Management in Municipalities. *Brazilian Journal of Government Innovation*, v. 9, n. 2, p. 150-167, 2022.
- CARDOSO, L.; SILVA, A. Business Intelligence and Machine Learning in Public Administration: Enhancing Predictive Capabilities. *Journal of Government Data Science*, v. 18, n. 1, p. 56-72, 2023.
- DAVENPORT, T. H.; HARRIS, J. G. *Competing on analytics: The new science of winning*. Harvard Business Review Press, 2017.
- ECKERSON, W. *Performance Dashboards: Measuring, Monitoring, and Managing Your Business*. Wiley, 2010.
- FEW, S. *Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data*. O'Reilly Media, 2006.
- FEW, S. *Show Me the Numbers: Designing Tables and Graphs to Enlighten*. Analytics Press, 2012.

- GOOGLE. Looker Studio: Transformando Dados em Insights. Disponível em: <https://lookerstudio.google.com>. Acesso em: 15 set. 2023.
- HAPSARI, A.; NUGROHO, Y.; PRASETYO, A. Organizational maturity and data standardization: Challenges in strategic decision-making. *International Journal of Data Governance*, v. 18, n. 4, p. 312-328, 2022.
- HAPSARI, I. C. et al. Prioritizing Barriers and Strategies Mapping in Business Intelligence Projects Using Fuzzy AHP TOPSIS Framework in Developing Country. *Emerging Science Journal*, v. 6, n. 2, p. 337-353, 2022. <https://doi.org/10.28991/ESJ-2022-06-02-010>
- ISO/IEC 27001. Information Security Management Systems. Disponível em: <https://www.iso.org>. Acesso em: 20 jan. 2025.
- ISO/IEC 27001. Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security management systems – Requirements, 2022.
- JANSSEN, M.; ESTEVEZ, E. Lean government and public sector innovation: Doing more with less. *Information Polity*, v. 18, n. 3, p. 209-228, 2013.
- JANSSEN, M.; VAN DER VOORT, H.; WAHYUDI, A. Factors influencing big data decision-making quality. *Journal of Business Research*, v. 70, p. 338-345, 2017.
- KIMBALL, R.; ROSS, M. The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling. 3. ed. Indianapolis: Wiley, 2013.
- MAHAJAN, R. The role of business intelligence in data-driven decision making. *Data Science and Business Analytics Review*, v. 32, n. 1, p. 89-105, 2024.
- MENDES, T.; COSTA, L.; NUNES, P. Challenges in Implementing Business Intelligence in Public Administration. *International Journal of Data Analytics*, v. 17, n. 1, p. 45-62, 2023.
- NADAL, S. et al. Operationalizing and automating data governance. *Journal of Big Data*, v. 9, n. 117, 2022. <https://doi.org/10.1186/s40537-022-00673-5>
- NIST. National Institute of Standards and Technology Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity. Disponível em: <https://www.nist.gov>. Acesso em: 20 jan. 2025.
- PEREIRA, L.; OLIVEIRA, T.; COSTA, P. Evaluating Business Intelligence Solutions in the Public Sector: A Cost-Effectiveness Perspective. *Public Sector Analytics Quarterly*, v. 14, n. 3, p. 89-105, 2021.
- POWER, D. J. Decision Support, Analytics, and Business Intelligence. Business Expert Press, 2022.
- SANTOS, J.; ALMEIDA, R. The Role of BI Tools in Enhancing Transparency and Cost Management in Municipalities. *Brazilian Journal of Government Innovation*, v. 9, n. 2, p. 150-167, 2022.

SHARMA, H. S.; JOSHI, H. D. Pooling Business Intelligence and Dashboard Technology for Decisions Making in Higher Education Institutions. Gujarat University, 2022. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1905128/v1>

SHARMA, V.; JOSHI, P. Data governance strategies for organizational decision-making. Governance & Data Management Journal, v. 29, n. 3, p. 178-194, 2022.

TABLEAU. Best Practices for Data Visualization and Analytics Dashboards. 2023.



# Previsão Inteligente de Gastos Governamentais: Proposta de uma Arquitetura Baseada em Aprendizado de Máquina para Eficiência e Transparência

Kelly Santos De Oliveira<sup>1</sup>, Felipe Barreto de Oliveira<sup>1</sup>, Valerio Aymoré Martins<sup>1</sup>,  
Vinícius Coutinho Guimarães Coelho<sup>1</sup>, Georges Daniel Amvame Nze<sup>1</sup>,  
Fábio Lúcio Lopes de Mendonça<sup>1</sup>.

kelly.santos@redes.unb.br; felipe.oliveira@redes.unb.br;  
valerioaymoremartins@gmail.com; vinicius.coelho@redes.unb.br;  
georges@unb.br; fabio.mendonca@redes.unb.br

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia Elétrica – PPEE - Universidade de Brasília,  
Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília, Brasil - Zipcode 70910-900

Pages: 146-159

**Resumo:** A gestão eficiente dos gastos é essencial para a sustentabilidade financeira de organizações públicas e privadas. Entretanto, a complexidade na alocação de recursos e a quantidade de dados envolvidos dificultam a tomada de decisão. Neste contexto, este estudo propõe uma metodologia para predição de gastos orçamentários utilizando algoritmos de aprendizado de máquina. A proposta é avaliada a partir de dados extraídos de um Data Warehouse especializado em finanças públicas brasileiras, contemplando variáveis quantitativas e qualitativas. Os objetivos incluem: identificar padrões de despesas; selecionar as melhores variáveis para predição; avaliar os modelos com base em métricas de desempenho; e comparar os resultados com os gastos do exercício vigente. Os resultados visam apoiar decisões estratégicas, contribuindo para o uso mais inteligente dos recursos.

**Palavras-chave:** Qualidade do gasto; predição orçamentária; aprendizado de máquina; finanças públicas; análise preditiva

## *Intelligent Prediction of Government Expenditure: An ML Architecture Proposal for Efficiency and Transparency*

**Abstract:** Efficient expenditure management is essential for the financial sustainability of both public and private organizations. However, the complexity of resource allocation and data volume make decision-making challenging. In this context, this study proposes a methodology for budget expenditure forecasting using machine learning algorithms. The proposed approach is evaluated using data extracted from a specialized Data Warehouse containing Brazilian public finance information, encompassing quantitative and qualitative variables. The objectives include identifying spending patterns, selecting the most relevant features for prediction, evaluating models based on performance metrics, and comparing the

predictions with the actual expenditures of the current fiscal year. The results aim to support strategic decision-making and contribute to more intelligent use of available resources.

**Keywords:** Expenditure Quality; Budget Forecasting; Machine Learning; Public Finance; Predictive Analysis

## 1. Introdução

A gestão eficiente dos recursos financeiros é um dos pilares fundamentais para o crescimento sustentável de organizações públicas e privadas. O conceito de qualidade dos gastos visa maximizar os resultados e minimizar desperdícios. No entanto, a complexidade de distribuição e logística, aliada à grande quantidade de dados de cada despesa, torna a gestão de gastos um desafio considerável. A qualidade dos gastos implica em avaliar não apenas a quantidade de recursos empregados, mas também sua adequação e eficiência. Em ambientes governamentais, por exemplo, a má gestão dos gastos pode resultar em impactos financeiros negativos, afetando a sustentabilidade a longo prazo. Alocações inadequadas de recursos, podem afetar diretamente o desempenho institucional e aumentar o risco de crises financeiras. Assim, garantir a qualidade dos gastos requer uma análise criteriosa da sua distribuição, alinhada às prioridades estratégicas da organização, visando um uso mais inteligente dos recursos disponíveis. Entre os principais desafios enfrentados para manter a qualidade dos gastos, destacam-se: a falta de visibilidade clara sobre as despesas e a dificuldade em identificar padrões de comportamento financeiro ao longo do tempo. Em muitas organizações, a análise financeira tradicional se mostra limitada pela quantidade de dados e pela complexidade das variáveis envolvidas.

Diante desse cenário, técnicas de aprendizado de máquina (ML) têm se destacado como ferramentas promissoras para melhorar a previsão de gastos e apoiar a tomada de decisões estratégicas. O uso dessas técnicas tem se mostrado inovador e eficiente, permitindo que algoritmos aprendam com grandes volumes de dados, identificando padrões, tendências e correlações que seriam difíceis de detectar por métodos convencionais. Essa capacidade preditiva torna o aprendizado de máquina uma ferramenta valiosa para gerenciar e otimizar gastos em diferentes esferas, desde o setor privado até a administração pública.

Dessa forma, este trabalho propõe uma metodologia para predição de gastos orçamentários, independentemente de sua natureza, com base em métodos de aprendizado de máquina. A metodologia será testada com dados extraídos de um Data Warehouse especializado em informações financeiras do setor público brasileiro, contendo tanto variáveis quantitativas quanto qualitativas.

## 2. Trabalhos Correlatos

Diversos estudos propuseram a aplicação de técnicas de aprendizado de máquina para a gestão e predição de gastos no setor público. A seguir, são apresentados alguns dos trabalhos mais relevantes nessa linha de pesquisa.

O estudo realizado por Awariefe e Ogumeyo (Awariefe e Ogumeyo, 2023) explora o uso de métodos de aprendizado de máquina para prever os gastos militares da Nigéria.

Foram avaliados três modelos: multiple linear regression (MLR), autoregressive integrated moving average with exogenous variables (ARIMAX), e artificial neural networks (ANN). Os modelos foram treinados com dados históricos dos gastos militares, PIB e indicadores econômicos relevantes. Os resultados mostraram que o modelo ANN superou significativamente o MLR em termos de precisão, enquanto o ARIMAX apresentou desempenho promissor, mas ainda inferior ao ANN.

Hao e Xie (Hao e Xie, 2025) propuseram um framework baseado em múltiplos agentes LLM (Large Language Models), para apoiar a tomada de decisão em problemas de alocação de recursos no setor público. As soluções sugeridas por cinco LLMs distintos foram testadas em dois cenários simulados. Os resultados indicaram que o framework é capaz de modelar impactos políticos em agentes heterogêneos, revelando um caminho promissor para a análise econômica e a formulação de políticas públicas, explorando a capacidade de raciocínio e o poder computacional dos LLMs.

Por sua vez, Zarzà (Zarzà et al., 2024) apresentaram novas abordagens para orçamento financeiro individual e cooperativo, para maximizar a economia pessoal por meio da alocação eficiente entre diferentes categorias de despesa. Utilizando modelos LLM, o estudo oferece soluções iniciais viáveis para indivíduos e famílias com pouca familiaridade em planejamento financeiro. Os resultados preliminares sugerem que as soluções propostas produzem planos orçamentários sólidos, alinhados a metas e preferências dos usuários, contribuindo para uma gestão financeira mais acessível e eficiente.

O trabalho de Ajagbe (Ajagbe et al., 2021) aplicou o modelo ARIMAX para analisar a influência de gastos públicos, custos com mão de obra e preços ao produtor na previsão da produção anual de cacau na Nigéria, no período de 1981 a 2016. Por meio do teste de Dickey-Fuller, observaram que todas as variáveis eram estacionárias. O modelo que obteve melhor desempenho foi o ARIMAX (1,1,2), indicando que os gastos públicos e a mão de obra tiveram um efeito negativo, enquanto o preço ao produtor, com defasagem de dois anos, teve efeito positivo. As projeções indicaram tendência de crescimento na produção de cacau entre 2017 e 2031.

Por fim, o trabalho de Pimentel (Pimentel et al., 2023) investigou a previsão de receitas públicas utilizando métodos estatísticos e técnicas de ML, com foco na seleção de variáveis exógenas relevantes para estimativas orçamentárias trimestrais. A pesquisa seguiu a metodologia CRISP-DM e incluiu estudos de caso com experimentos comparativos entre modelos, visando identificar o mais adequado para o contexto analisado. O estudo também sugere o uso de técnicas como stacking e testes estatísticos para aprimorar a avaliação dos resultados. A Tabela 1 apresenta uma comparação entre o escopo desses trabalhos e a proposta desenvolvida neste estudo.

| <b>Critério</b>                    | <b>(Awariefe e Ogumeyo, 2023)</b> | <b>(Hao e Xie, 2025)</b> | <b>(Zarzà et al., 2024)</b> | <b>(Ajagbe et al., 2021)</b> | <b>(Pimentel et al., 2023)</b> | <b>Este trabalho</b> |
|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| <i>Predição de Gastos Públicos</i> | X                                 | -                        | -                           | X                            | X                              | X                    |

| <b>Critério</b>                      | <b>(Awariefe e Ogumeyo, 2023)</b> | <b>(Hao e Xie, 2025)</b> | <b>(Zarzà et al., 2024)</b> | <b>(Ajagbe et al., 2021)</b> | <b>(Pimentel et al., 2023)</b> | <b>Este trabalho</b> |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| <i>Deep Learning</i>                 | -                                 | X                        | X                           | -                            | -                              | X                    |
| <i>Auxílio na tomada de decisão</i>  | -                                 | X                        | -                           | X                            | X                              | X                    |
| <i>Alocação Eficiente Automática</i> | -                                 | X                        | -                           | -                            | -                              | -                    |
| <i>Tratamento dos dados</i>          | X                                 | -                        | -                           | X                            | X                              | X                    |

Tabela 1 – Comparação entre os trabalhos correlatos e a proposta deste estudo

3. Metodologia

Para superar os possíveis desafios, a equipe de pesquisa foi composta por pesquisadores de Tecnologia da Informação e Orçamento Público, proporcionando uma multidisciplinaridade e fortalecendo a pesquisa.

Os dados utilizados neste estudo foram extraídos de um Data Warehouse especializado em informações financeiras do setor público brasileiro, contendo tanto dados quantitativos quanto qualitativos. O uso de Data Warehouses no setor público tem se mostrado eficaz para integrar grandes volumes de dados, permitindo análises detalhadas e integradas que facilitam a tomada de decisões financeiras e orçamentárias (Inmon, 2020). A seleção das variáveis quantitativas foi realizada com base no conhecimento técnico dos pesquisadores, resultando na escolha de 17 variáveis essenciais que cobrem todas as etapas do ciclo orçamentário, como dotação, empenho, liquidação e pagamento, além de variáveis transversais, como disponibilidades de crédito e restos a pagar, segundo as normas da Lei nº 4.320/64 (Brasil, 1964).

Entre as variáveis quantitativas, as relacionadas à liquidação da despesa se destacam, pois essa etapa representa o momento em que a despesa é efetivamente realizada, seguindo o princípio da competência contábil. A liquidação é crucial para prever a execução orçamentária e avaliar a real necessidade de recursos públicos, auxiliando os gestores na alocação eficiente de recursos (Gomes et al., 2019). Além das variáveis quantitativas, foram selecionadas 13 variáveis qualitativas, sendo que quatro delas desempenham papel de destaque no modelo de análise. Entre essas variáveis estão a unidade orçamentária, unidade executora e unidade responsável, que indicam a origem do orçamento, o órgão responsável pela execução e o gestor direto da aplicação dos recursos, respectivamente. A segregação dessas variáveis organizacionais é essencial para garantir a transparência e a accountability no uso dos recursos públicos (Peppard; Ward, 2021).

A análise dessas variáveis permitiu identificar padrões de comportamento de gastos, avaliar a origem dos recursos e, a partir do histórico de despesas, verificar se os recursos

alocados são suficientes para atender às necessidades futuras. A projeção orçamentária, nesse contexto, é uma ferramenta poderosa que melhora a eficiência do planejamento financeiro, permitindo que os gestores antecipem déficits ou subutilização de recursos (Gao; Liu; Wang, 2022). No entanto, a qualidade dos dados utilizados é um fator crítico que pode impactar diretamente a confiabilidade das previsões. A integração de múltiplas fontes de dados requer uma governança eficaz para assegurar a integridade e a precisão dos resultados (Korhonen; Ritala, 2021). Além disso, a capacitação técnica dos gestores públicos é essencial para que essas ferramentas sejam utilizadas de maneira eficaz e estratégica (Pina; Liddle, 2020).

O uso de tecnologias preditivas no setor público também levanta questões políticas e éticas. A introdução de algoritmos pode afetar a autonomia dos gestores na alocação de recursos, deslocando a discricionariedade política para decisões baseadas em dados e modelos automatizados, o que pode gerar resistências institucionais (Muir; Ostergaard, 2023). Assim, a implementação bem-sucedida dessas ferramentas depende de uma abordagem que equilibre a eficiência técnica com a necessidade de manter a transparência e a accountability na gestão pública.

3.1. Arquitetura Geral

O modelo em geral é idealizado para o acesso a uma infraestrutura de serviços baseada no Python Uvicorn+FastAPI como ilustrado na Figura 1.

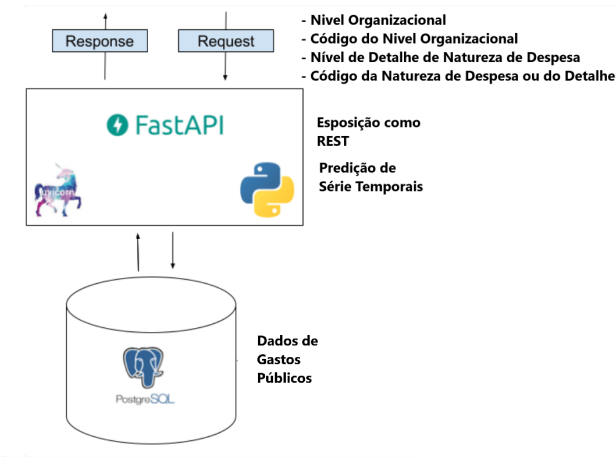


Figura 1 – Arquitetura Geral

A arquitetura pode ser organizada em quatro camadas principais, sendo elas: camada de disponibilização (Load Balancer), camada de aplicação (FastAPI) e camada de persistência (Banco de Dados). Cada uma dessas camadas desempenha um papel específico para garantir uma infraestrutura robusta e eficiente.

A camada de disponibilização utiliza um balanceador de carga NGINX, onde sua função é distribuir as requisições entre múltiplas instâncias do FastAPI para escalabilidade

horizontal e balancear a carga conforme métricas como número de conexões (round-robin). A camada de aplicação utiliza a ferramenta FastAPI, onde atua como a camada de serviço, lidando com a lógica de negócios e o acesso ao banco de dados. O acesso a FastAPI é garantido por limitação do CORS configurado, para permitir acesso de origens confiáveis. Por último temos a camada de persistência que é implementado um banco de dados relacional Postgresql, onde há a normalização para garantir integridade dos dados, otimização de índices de consulta e particionamento de tabelas para grandes volumes de dados.

Com isso, a metodologia proposta foi subdividida em três grandes etapas. A primeira delas é a responsável pela análise inicial dos dados a serem preditos. Nesta etapa foi observada as características dos dados em questão, para identificar padrões e particularidades nos dados. Nesta etapa há também o pré-processamento dos dados, onde os mesmos são ajustados e normalizados para a melhor eficiência nas predições. Na etapa seguinte temos a definição e aplicação de modelos de predição, apresentando a justificativa de sua seleção. Por fim temos a etapa de seleção e apresentação de indicadores, métricas e estimadores, com o intuito de apresentar a qualidade da predição realizada. Cada uma destas etapas será explanada com mais detalhes nas seções ao longo do trabalho.

### **3.2. Análise dos dados**

#### **3.2.1. Agregação dos dados**

Como etapa inicial, é importante selecionar níveis de agregação ou granularidade que permitam uma análise, evitando níveis com pouca informação.

Para iniciar as abordagens de verificação de agregação de dados, foi realizada uma análise de suficiência de dados, verificando, assim, o número de pontos de dados (mínimo de 30-50 pontos de dados é geralmente considerado suficiente para aplicar modelos de séries temporais tradicionais (como ARIMA) com maior precisão) e a distribuição temporal dos dados (se os dados em cada nível são distribuídos ao longo do tempo de forma uniforme ou se há lacunas significativas. Séries com muitas lacunas, ou que estejam concentradas em períodos curtos, podem não ser adequadas para modelagem preditiva). Em seguida, foram realizadas as análises de contribuição e variabilidade de cada nível dos dados. Níveis que apresentam pouca variabilidade ou contribuição podem não ser relevantes para uma previsão detalhada e, portanto, podem ser agregados a outros níveis.

#### **3.2.2. Dados de anos intermediários com valores incongruentes (COVID)**

Para lidar com valores incongruentes que fogem da tendência, ou outliers, em anos intermediários, existem várias abordagens que podem ser usadas para corrigir esses desvios e melhorar a precisão de previsões e análises (A Figura 2 mostra um exemplo de despesa com comportamento atípico em 2020). Para tal foram implementadas 4 abordagens diferentes, com o objetivo de verificar qual a que melhor se enquadra na situação enfrentada. Na escolha dessa, a solução sistêmica foi desenvolvida considerando um parâmetro definido como ajuste.

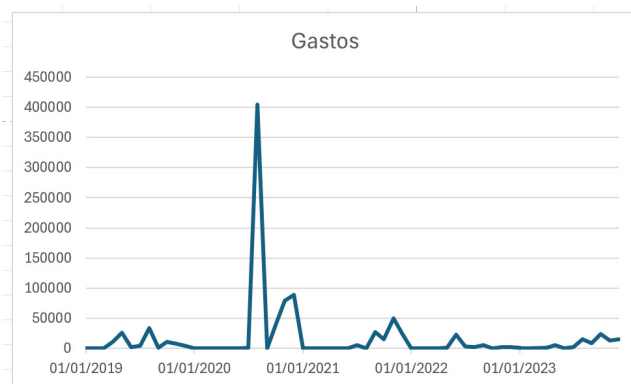


Figura 2 – Como exemplo mostramos o comportamento das séries de gastos de 2019 a 2023 da “Natureza Despesa Detalhada” de “Materiais Hospitalares”

Após análises das situações e seus valores, foi tomada a decisão de interpor diversos modelos, para agregar nas avaliações. Estes são os possíveis valores:

- **ajuste=0:** Não contabilizar os dados dos anos atingidos pela pandemia na predição dos meses futuros.
- **ajuste=1:** Mover os dados anteriores para “cobrir” os anos incongruentes, ajustando diversas questões de médias móveis.
- **ajuste=2:** Realização de interpolação linear
- **ajuste=3:** Realizar predição dos anos afetados pela pandemia, levando em consideração os anos anteriores. Após a primeira predição, realiza a predição dos anos futuros, com os valores preditos nos anos de pandemia.

### 3.2.3. Resto a Pagar

No decorrer da análise dos dados foi identificado o desafio de valores pertencentes a um ano constar em um mês qualquer do ano seguinte. Dessa forma, tornou-se necessário corrigir essa alocação incorreta, garantindo que o valor seja movido para o período correto. Esse problema pode ocorrer por erros de registro, processamento ou por convenções de datas diferentes.

Para atender os limites desse parâmetro e de forma resolver o problema do RAP apontado, foram elencadas 3 soluções possíveis:

- **rap=0:** Ignora o valor do RAP (a princípio esse entendimento já era descartado devido à natureza importância do valor do RAP e sua influência nas decisões de gastos futuras)
- **rap=1:** deslocar o valor de RAP para o último mês do ano anterior no entendimento que já era um compromisso de gasto dentro do ano fiscal correspondente (o que já era entendido que poderia impor uma tendência de gastos “excessiva” no último mês do seu ano fiscal).
- **rap=2:** distribuir ponderadamente o RAP em meses, no qual estava presente um gasto no ano anterior (o que de início era o entendimento de uma medida mais eficaz).



### 3.3. Técnicas de Predição

Inicialmente, para a definição das técnicas de predições a serem utilizadas, foram gerados gráficos representativos dos dados, de modo a responder alguns questionamentos pertinentes. São eles: “Existem padrões consistentes?”, “Existe uma tendência significativa?”, “A sazonalidade é importante para o modelo?”, “Há evidências da presença de ciclos econômicos (no caso de gastos)?”, “Existem valores discrepantes nos dados que precisam ser explicados por pessoas com conhecimento especializado?”, “Quão fortes são as relações entre as variáveis disponíveis para análise?”. Vale ressaltar que cada modelo é em si uma construção artificial que se baseia num conjunto de pressupostos (explícitos e implícitos) e geralmente envolve um ou mais parâmetros que devem ser estimados utilizando os dados históricos conhecidos. O modelo deve prever mecanismos que permitam a operação de predição de 12 meses após o mês corrente e de validação dos últimos 12 meses ocorridos.

Analisando os dados disponíveis, foram definidos dois modelos para realização das predições esperadas: (i) **Modelo ARIMA**: Modelos estatísticos/estocásticos autorregressivos integrados de médias móveis, tradicionalmente utilizado para séries temporais e; (ii) **Modelo LLM**: Utilização de ferramentas de rede neural LLM (Large Language Model), com capacidade de interpretar dados complexos por meio do processamento de linguagem. Neste trabalho, foram utilizados o ChatGPT-4o mini e a biblioteca PandasAI, explorando o potencial dos LLMs na identificação de padrões e geração de predições com base em linguagem estruturada e não estruturada.

#### 3.3.1. ARIMA

Modelo clássico de séries temporais baseado em três componentes principais: a parte autorregressiva (AR), a parte de médias móveis (MA) e a integração (I) que lida com a estacionariedade dos dados. O modelo requer pré-processamento dos dados para verificar se são estacionários. Se os dados não forem estacionários, a diferenciação (*integration*) é aplicada para torná-los adequados ao modelo. Vale ressaltar que a sazonalidade pode ser incorporada com variações como SARIMA/SARIMAX (Seasonal ARIMA).

Entre as principais vantagens do ARIMA, destaca-se sua interpretação estatística clara, o que o torna um modelo bem compreendido na literatura. Ele apresenta bom desempenho em séries temporais com padrões regulares, tendências suaves ou sazonalidade simples. A flexibilidade na escolha dos parâmetros (AR, I e MA) permite adaptá-lo a diferentes características de séries temporais.

No entanto, o ARIMA apresenta limitações importantes: (i) baixo desempenho em séries com padrões não lineares ou alta complexidade temporal; (ii) sensibilidade à estacionariedade, exigindo testes e ajustes manuais prévios e; (iv) necessidade de calibração cuidadosa dos parâmetros, o que pode demandar tempo e conhecimento especializado.

#### 3.3.2. LLM

Os modelos LLMs, como GPT-3 ou GPT-4, são baseados em arquiteturas de aprendizado profundo treinadas com grandes volumes de texto para executar tarefas variadas, assim

como, a inclusão da análise de séries temporais. Entre as principais vantagens dos LLMs, destacam-se: (i) capacidade de capturar padrões sutis e relações não lineares; (ii) menor dependência de pré-processamento estatístico, como verificação de estacionaridade; (iii) interação por linguagem natural, que simplifica o uso por não especialistas, como na plataforma OpenAI Completion e; (iv) flexibilidade e automação ao integrar com ferramentas como PandasAI, que permite a manipulação de DataFrames por comandos em linguagem natural, facilitando análises temporais mesmo sem domínio avançado da linguagem Python.

Por outro lado, os LLMs apresentam algumas limitações relevantes: (i) operam como “caixas-pretas”, dificultando a interpretação dos parâmetros internos e das relações inferidas; (ii) demandam maior capacidade computacional, tanto para treinamento quanto para execução; (iii) o desempenho está diretamente relacionado à qualidade e quantidade dos dados de entrada e; (iv) o PandasAI, embora facilite o uso, não é um modelo de predição por si só, mas sim uma interface que amplia a acessibilidade na manipulação dos dados.

### 3.4. Avaliação do Modelo de previsão

Uma vez selecionado um modelo e estimados seus parâmetros, o modelo é usado para fazer previsões. O desempenho do modelo só poderá ser devidamente avaliado após a disponibilização dos dados do período de previsão. Para gerar estimadores que permitam comparar a eficácia de diferentes previsões em séries temporais, utilizam-se diversas métricas estatísticas que avaliam a qualidade das previsões em relação aos valores observados. Essas métricas podem ser aplicadas para comparar diferentes modelos e identificar qual deles fornece previsões mais precisas. A seguir estão os principais estimadores (ou métricas de erro) usados para comparar resultados de previsões: (i) **Erro Médio Absoluto (MAE - Mean Absolute Error)**: O MAE mede a magnitude média dos erros em um conjunto de previsões, sem levar em consideração a direção do erro (positivo ou negativo); (ii) **Erro Médio Quadrático (MSE - Mean Squared Error)**: O MSE é uma métrica que penaliza erros maiores mais severamente, já que os erros são elevados ao quadrado; (iii) **Raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE - Root Mean Squared Error)**: O RMSE é a raiz quadrada do MSE, trazendo a métrica de volta à unidade original dos dados e; (iv) **Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE - Mean Absolute Percentage Error)**: O MAPE calcula o erro em termos percentuais, sendo útil para comparar séries temporais com escalas diferentes.

## 4. Resultados

Durante os testes, foi observado que, ao se acionar um prompt para o modelo GPT solicitando predição com base em aspectos como estacionalidade e sazonalidade, o modelo frequentemente recomendava o uso da função ExponentialSmoothing da biblioteca statsmodels, especificamente com o modelo Holt-Winters, conforme exemplificado na Figura 3.

```

# Criando a série temporal
dates = pd.date_range(start="2021-01-01", periods=36, freq='MS')
values = [
    0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 49126.79, 700.15, 295968.75, 201518.40, 11762.15, 713815.75, 269079.71, 308341.91,
    0.00, 0.00, 10281.93, 10531.00, 207287.00, 493906.01, 99067.86, 279138.27, 336258.60, 511359.65, 293863.37, 355836.01,
    0.00, 0.00, 111999.58, 547936.24, 97344.27, 341436.87, 322296.96, 336232.90, 163373.13, 574823.29, 601538.49, 83515.88
]

# Criando um DataFrame
df = pd.DataFrame({'Date': dates, 'Value': values})
df.set_index('Date', inplace=True)

# Aplicando Holt-Winters para previsão
model = ExponentialSmoothing(df['Value'], trend='add', seasonal='add', seasonal_periods=12)
fit = model.fit()
forecast = fit.forecast(steps=12)

# Exibindo a previsão
forecast_df = forecast.to_frame(name="Forecast")
import ace_tools as tools
tools.display_dataframe_to_user(name="Previsão para 2024", dataframe=forecast_df)

```

Figura 3 – Exemplo modelo Holt-Winters

O modelo Holt-Winters, embora seja uma das técnicas de previsão mais populares para séries temporais, comumente aplicado em problemas como detecção de anomalias e previsão meteorológica, demonstrou limitações para este estudo. Esse modelo é uma extensão do modelo de Holt, desenvolvido por Winter e, sua lógica baseada em suavização exponencial tende a amortecer picos de gastos, o que compromete a acurácia das previsões em contextos onde essas variações são relevantes. Para contornar essa limitação, foi incluída no prompt uma instrução explícita: “..., porém sem usar nenhum processo de suavização, isto é, mantendo os picos de valores de gastos”. Com esses ajustes, foram realizadas previsões de despesas para o ano de 2024, posteriormente comparadas com os valores reais observados.

A Figura 4 apresenta os resultados da predição para uma despesa típica da universidade, onde nos períodos de férias escolares há uma redução de gastos e no período letivo há um crescimento da despesa. É possível observar que o modelo obteve uma previsão correta, diferenciando os períodos de férias escolares e períodos letivos, gerando previsões consideráveis da despesa ao longo do ano.

Para as despesas de natureza discricionária, sua demanda é intempestiva junto a diversos anos de análise, provocando uma previsão que pode ficar inadequada, não em valor, mas em momento junto aos meses. Esse comportamento foi claramente identificado nos resultados, conforme Figura 5.

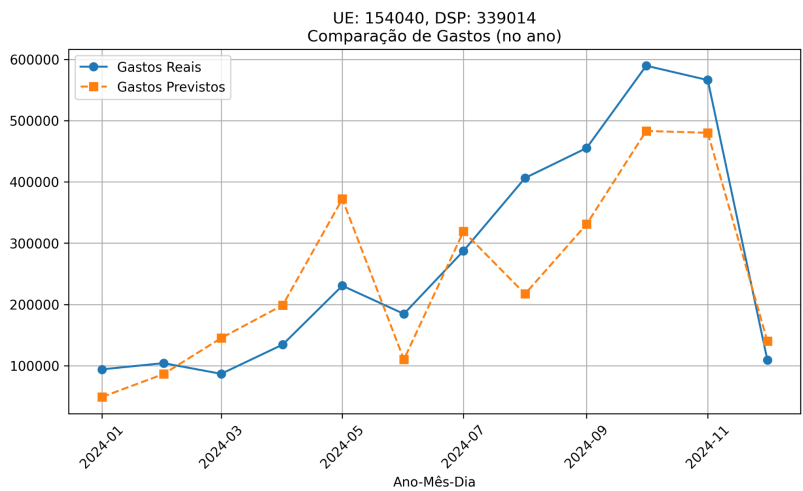


Figura 4 – Resultado predição despesa típica.

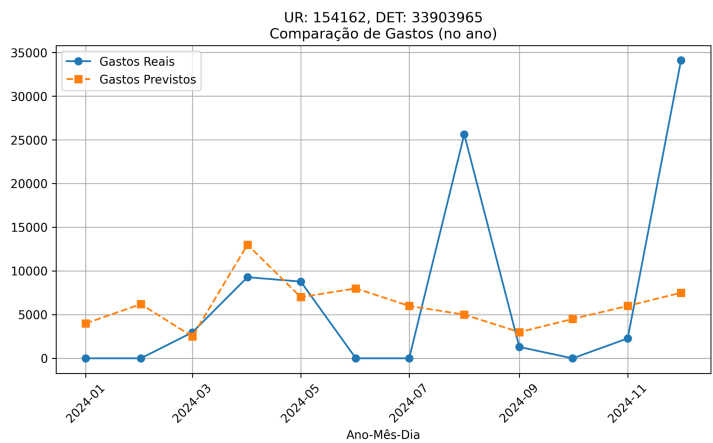


Figura 5 – Resultado predição despesa discricionária.

Por fim, foram identificadas ocorrências de deslocamento (conforme apresentado na Figura 6 entre o mês 1 e o mês 7). Isto ocorre dada a natureza específica da Unidade Executora específica, que tende a utilizar seus recursos associados à abertura de períodos letivos de ensino. Dessa forma, a “natureza” da unidade, tal como a citada, pode influir em aspectos “negativos” na capacidade de previsão de uso de recursos (“gastos”). Esse tipo de deslocamento impede uma simples verificação de erro por MSRE (*Mean Square Root Error*).

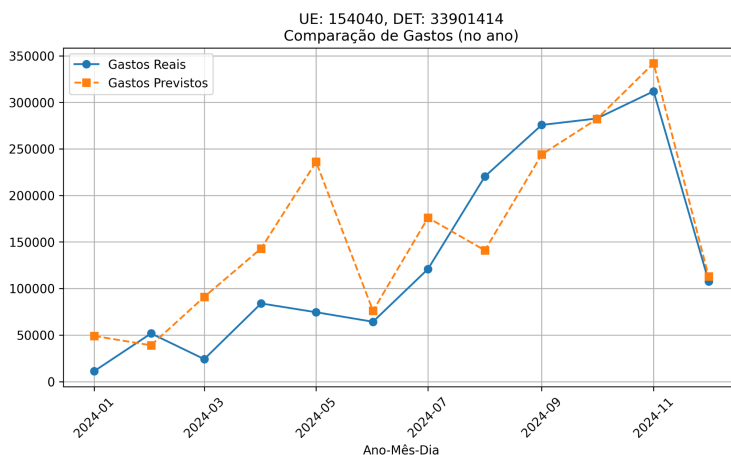


Figura 6 – Resultado predição com deslocamento.

## 5. Conclusão

Este trabalho propôs uma metodologia para a predição de gastos orçamentários, independentemente de sua natureza, com base em técnicas de aprendizado de máquina. Para isso, o desenvolvimento foi estruturado em três grandes etapas: (i) análise exploratória dos dados, com identificação de padrões e características específicas das séries temporais; (ii) seleção e aplicação de modelos preditivos, com justificativas técnicas para sua escolha; (iii) avaliação do desempenho preditivo, por meio da aplicação de métricas e estimadores estatísticos. Os resultados obtidos indicam que a metodologia apresentou bom desempenho na previsão de despesas típicas, especialmente aquelas relacionadas ao funcionamento regular da universidade, como períodos letivos e de recesso. A variação sazonal foi corretamente identificada, refletindo a adequação da abordagem proposta.

Entretanto, observaram-se limitações na previsão de despesas discricionárias, cuja demanda é mais irregular ao longo do tempo e, em despesas que apresentam efeitos de deslocamento temporal, comprometendo a precisão do modelo em determinadas situações. Durante os testes realizados no modelo, foram identificadas possibilidades de aprimoramento, que poderão ser exploradas em trabalhos futuros: (i) a quantidade de dados históricos influencia diretamente a qualidade da predição. Verificou-se que séries com menos de 36 meses resultam em erros superiores a 20%; (ii) o tempo de execução médio para previsão de uma única despesa foi de aproximadamente 12 segundos, o que pode ser otimizado com pré-processamento mais eficiente e paralelização.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao 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), do Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal, 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), do Projeto SISTER City –Sistemas Inteligentes Seguros e em Tempo Efetivo Real para Cidades Inteligentes (Outorga 625/2022) e do Decanato de Administração da Universidade de Brasília.

## Referências

- BRASIL. Lei nº 4.320, de 17 de março de 1964. Estatui normas gerais de direito financeiro para elaboração e controle dos orçamentos e balanços da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l4320.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4320.htm). Acesso em: 23 set. 2024.
- GAO, J.; LIU, Z.; WANG, X. Big data and predictive modeling in public financial management: Opportunities and challenges. *International Journal of Public Administration*, v. 45, n. 3, p. 321-338, 2022.
- GOMES, R. C.; FERNANDES, A. C.; CARVALHO, E. Gestão orçamentária no setor público. *Revista de Administração Pública*, v. 53, n. 4, p. 6 17-640, 2019.
- INMON, W. Building the data warehouse. 5. ed. New York: John Wiley & Sons, 2020.
- KORHONEN, J.; RITALA, P. Data governance in public organizations: Ensuring data quality and trust in digital transformation. *Journal of Digital Government*, v. 15, n. 1, p. 23-36, 2021.
- MUIR, K.; OSTERGAARD, M. Algorithmic decision-making in government: Balancing innovation and accountability. *Journal of Public Policy*, v. 43, n. 2, p. 211-231, 2023.
- PEPPARD, J.; WARD, J. The strategic management of information systems: Building a digital strategy. 4. ed. London: Wiley, 2021.
- PINA, V.; LIDDLE, J. Data-driven governance: Challenges for integrating predictive analytics in public management. *International Journal of Public Sector Management*, v. 33, n. 7, p. 863-879, 2020.
- AWARIEFE C.; OGOMEYO, S. A. Prediction Accuracy of Nigerian Military Expenditure: MLR, ARIMAX, and ANN Models in Statistical and Machine Learning Frameworks. *FUDMA Journal of Sciences*. v. 7, n. 6, p. 149-156, 2023.
- HAO Y.; XIE, D. A Multi-LLM-Agent-Based Framework for Economic and Public Policy Analysis. Department of Economics, The Hong Kong University of Science and Technology, 2025.
- DE ZARZÀ I. et al. Optimized Financial Planning: Integrating Individual and Cooperative Budgeting Models with LLM Recommendations. *AI (MDPI)*. v. 5, p. 91-114, 2024.

- AJAGBE S. A et al. The Role of Public Expenditure, Labour and Producer Price in Forecasting Cocoa Production in Nigeria Using ARIMAX Model. Direct Research Journal of Agriculture and Food Science. v. 9, p. 385-395, 2021.
- PIMENTEL C. P. S. et al. Aplicação de Técnicas de Aprendizagem de Máquina com Seleção de Variáveis na Previsão de Receitas Públicas de 8 Capitais. XIV Computer on the Beach, 2023.



# Mitigação de Ataques DDoS em Redes IoT com Aprendizado Federado

Mateus Flach Romani<sup>1</sup>, João Kleber M. dos Santos<sup>1</sup>, Gabriel Filipe de O. Cardoso<sup>1</sup>,  
Giovani B. O. Viana<sup>1</sup>, Francisco L. de Caldas Filho<sup>1</sup>, Fábio L. L. de Mendonça<sup>1</sup>

Mateusfromani@gmail.com; joaokleber200110@gmail.com;  
gafoc09@gmail.com; giovani.braga.oliveira.viana@gmail.com;  
franciscopescaldas@gmail.com; fabio.mendonca@redes.unb.br

<sup>1</sup> Universidade de Brasília, Brasília–DF, Brasil

Pages: 160-172

**Resumo:** A internet das coisas (do inglês, Internet of Things – IoT) é uma tecnologia promissora e inovadora que oferece inúmeros benefícios, tais como conectar dispositivos físicos a internet. Entretanto, a IoT apresenta grandes desafios, particularmente em cibersegurança, em que suas características dificultam o desenvolvimento de soluções robustas. Esta pesquisa propõe uma arquitetura híbrida combinando sistemas de prevenção de intrusão baseados em *hosts* (do inglês, HIPS) e sistema de detecção de intrusão baseado em rede (do inglês, NIDS) usando aprendizado federado. Esta arquitetura propõe a detecção e mitigação de ataques DoS e DDoS, que envolve dispositivos comprometidos tais quais aqueles infectados pelo Mirai. O sistema proposto, efetivamente, identifica tráfego anômalo e bloqueia os dispositivos infectados. Os dados experimentais demonstram a efetividade do sistema em identificar e prevenir o tráfego malicioso.

**Palavras-chave:** Internet das coisas, HIPS, NIDS, DoS, DDoS, Mirai, Cibersegurança, Aprendizado federado.

## *Mitigation of DDoS Attacks in IoT Networks Using Federated Learning*

**Abstract:** The Internet of Things (IoT) is a promising and innovative technology that offers numerous benefits, such as enabling physical devices to connect to the internet. However, it also presents critical challenges, particularly in cybersecurity, where its inherent characteristics make developing robust solutions difficult. This research proposes a hybrid architecture combining Host-Based Intrusion Prevention Systems (HIPS) and Network-Based Intrusion Detection Systems (NIDS) using federated learning. This approach enhances the detection and mitigation of DoS and DDoS attacks involving compromised IoT devices, such as those infected by the Mirai botnet. The proposed system effectively identifies anomalous traffic and blocks infected devices. Experimental data demonstrate its effectiveness in detecting and preventing malicious traffic.

**Keywords:** Internet of Things, HIPS, NIDS, Dos, DDoS, Mirai botnet, cybersecurity, federated learning.

## 1. Introdução

O significativo crescimento na adoção de dispositivos Internet das Coisas (IoT) trouxe inúmeros benefícios para diversos setores. Em muitos dessas áreas a aplicação dessa tecnologia têm sido mais perceptível, como cidades, casas, fazendas e veículos inteligentes, incluindo também dispositivos *wearables*, *smartcities*, setor de saúde e acessibilidade na educação (Mishra & Pandya, 2021).

O desenvolvimento de ambientes conectados com base em sensoriamento e comunicação sem a intervenção humana, tem como tecnologia chave as redes baseadas IoT (Iyer et al., 2022). Essa tecnologia inovadora permite a conexão de objetos físicos à Internet. Esses objetos são equipados com sensores e dispositivos de comunicação que lhes permitem coletar e trocar dados de forma autônoma (Rosa et al., 2024) (Costa et al., 2024).

As vantagens de escalar essa tecnologia em diversas áreas da atividade humana, enquanto trazem benefícios, levantam preocupações sobre a segurança desses dispositivos, que são escassos de recursos computacionais, uma vez que há grande preocupação com usabilidade em detrimento da segurança (Lu & Xu, 2018). Conforme (Litoussi et al., 2020), vários dispositivos IoT, como sistemas de segurança, TV's inteligentes, eletrodomésticos inteligentes e medidores, estão coletando dados que podem ser compartilhadas ou acessadas por hackers para propósitos ilegais.

A adoção em grande escala, também aumentou significativamente a superfície de ataque, tornando os dispositivos IoT alvos frequentes de ameaças cibernéticas, como ataques distribuídos de negação de serviço (DDoS) e a proliferação de *botnets*. A necessidade de sistemas eficientes para detectar e mitigar essas ameaças se tornou essencial para garantir a segurança e disponibilidade das redes IoT.

O trabalho de (Bala & Behal, 2024) lista diversos ocorrências de *malwares* ao longo dos anos, que foram utilizados para infectar e usar dos dispositivos IoT, para gerar ataques de negação de serviço. Dentre eles estão Meris em 2021 o qual impactou serviços na Rússia, Fodcha em 2022 que causou indisponibilidades em serviços de diversos países, dentre eles Brasil, Austrália e Japão, e ACK flood em 2023 que teve como alvo *American Internet Service Provider (AISP)*.

Uma abordagem sugerida que visa mitigar essas ameaças é o uso de aprendizado de máquina em sistemas de detecção e prevenção de intrusão para analisar e identificar padrões de tráfego malicioso (Li et al., 2020). A implementação de sistemas inteligentes de Detecção e Prevenção de Intrusões (IDS/IPS) baseados em aprendizado distribuído, aliados à tecnologia *blockchain*, oferece uma solução robusta para monitorar o tráfego de rede IoT e detectar anomalias (Zhou et al., 2023).

Outra alternativa eficaz para mitigar ataques em redes IoT, especialmente considerando a limitação de recursos computacionais desses dispositivos, é a implementação de mecanismos de bloqueio de tráfego ou isolamento de dispositivos comprometidos. Conforme mencionado em [10] (Bora, 2024), sistemas de Prevenção de Intrusão (IPS) são peças fundamentais na defesa cibernética. A adaptação desses sistemas para ambientes IoT têm potencial de atuar na inspeção e filtragem de pacotes maliciosos, evitando a propagação de ameaças dentro da rede.

O trabalho feito em (Aouedi et al., 2024) também considera a abordagem de redes definidas por software (SDN) que aumenta a visibilidade e flexibilidade de redes IoT, além de permitir mudanças dinâmicas e respostas adaptativas a ataques DoS, como por exemplo alocação de largura de banda, políticas de segurança e roteamento.

Diante desse cenário, este trabalho propõe um método inovador para a aplicação de sistemas de prevenção de intrusão em redes IoT, combinando técnicas avançadas de aprendizado de máquina e segurança distribuída. A solução desenvolvida integra um sistema de detecção de intrusões baseado em rede (NIDS), como um mecanismo de prevenção de ataques diretamente no host (HIPS), permitindo a identificação e mitigação proativa de tráfego malicioso. O diferencial da abordagem está na utilização de aprendizado federado para análise e classificação de tráfego anômalo. Essa técnica permite que múltiplos dispositivos colaborem no treinamento de modelos de detecção sem a necessidade de compartilhar grandes volumes de dados sensíveis, garantindo maior privacidade e eficiência no processamento das informações.

A solução proposta neste artigo não se limita apenas à mitigação de *botnets*, mas também apresenta um modelo adaptável para lidar com diferentes tipos de ataques em redes IoT. A flexibilidade da arquitetura permite que novas regras de detecção e resposta sejam incorporadas de maneira dinâmica, tornando o sistema altamente escalável e preparado para enfrentar ameaças emergentes. Com isso, este trabalho contribui para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de segurança em redes IoT, oferecendo uma abordagem inovadora para a proteção contra ataques cibernéticos nesse ambiente cada vez mais dinâmico e desafiador.

## 2. Trabalhos Relacionados

Esta seção se dedica a apresentar conceitos e comparação com outros trabalhos relacionados a detecção e prevenção de intrusão (IDPS) e IoT.

O uso de sistemas de Prevenção de Intrusão (IPS) tem se mostrado uma abordagem eficaz. Um IPS pode monitorar e analisar o tráfego de rede em tempo real, identificando e bloqueando atividades suspeitas ou maliciosas antes que comprometam o ambiente. O estudo proposto em (Zhang et al., 2021) apresenta um *framework* para a detecção de ataques DDoS utilizando aprendizado distribuído. O uso dessa solução em modelos de aprendizado de máquina, sem a necessidade de centralizar os dados dos dispositivos, demonstrou ser satisfatória na detecção de diferentes ataques, apesar de não haver um método de bloqueio proposto.

A implementação de soluções de bloqueio de tráfego ou de dispositivos comprometidos em redes IoT oferece uma abordagem proativa para a mitigação de riscos. Em (Ali et al., 2024) é proposto a integração de tecnologias blockchain com aprendizado distribuído para aprimorar a segurança e privacidade em redes IoT industriais. Esse trabalho explora a potencialidade do uso de blockchain em redes IoT industriais, bem como um *framework* conceitual de como aplicar esse tipo de tecnologia. Contudo não foi apresentado caso de uso desse tipo de abordagem em uma rede física. Este trabalho explora uma arquitetura diferente, aplicada a uma rede IoT com dispositivos reais, demonstrando a reação de um sistema de prevenção de intrusão.

A consolidação de um sistema de prevenção de intrusão pode ser concretizada com o uso de redes definidas por software (SDN) devido à sua adaptabilidade e flexibilidade. Em (Mustafa et al., 2024) é explorada a separação de camadas prevista em seu modelo, essa separação é benéfica para todo o sistema de prevenção, a qual potencializa esse processo pelo seu controle dinâmico. Comparando ao modelo baseado em detecção de intrusões (IDS), proposto em (Costa et al., 2023), ele traz um sistema que integra funcionalidades de monitoramento e análise em nível de pacote diretamente no controlador SDN, permitindo respostas rápidas a ameaças.

Além de soluções tradicionais de *Intrusion Prevention System* (IPS), a incorporação de técnicas de aprendizado de máquina e inteligência artificial surge como uma alternativa promissora para o fortalecimento da segurança em redes IoT. Conforme os estudos de sistemas de detecção por anomalias provaram serem eficientes em diversos domínios, dentre eles redes IoT e SDN. O trabalho (Gugueoth et al., 2023) ressalta que o uso de aprendizado distribuído fornece modelos de alta qualidade, assegurando a privacidade do usuário.

Em (Zerbini et al., 2021), foi adotada uma solução denominada *Host Intrusion Detection and Prevention System* (HIDPS), a qual executa scripts de localização de vulnerabilidades, e também, scripts de ação responsáveis pela mitigação das ameaças. Em nossa proposta, a localização da vulnerabilidade é feita utilizando aprendizado de máquina, e de forma semelhante, a mitigação dos ataques foi tem como base a utilização de scripts de bloqueio tráfego HTTP e HTTPS das máquinas infectadas, sem realizar varredura de ameaças nos dispositivos.

No trabalho de (Lawal et al., 2021), que propõe um framework para mitigação de ataques DDoS em redes IoT utilizando *fog computing*, a sua solução combina detecção baseada em anomalias (usando o algoritmo k-Nearest Neighbors - k-NN) e um banco de dados de assinaturas de ataques, implantado em fog nodes para reduzir a carga computacional nos dispositivos IoT. A avaliação empregou o *dataset* CICDDoS 2019, com 241.173 instâncias e 23 *features* selecionadas. O k-NN demonstrou 99,9% de acurácia, 0% de falsos positivos e 100% em precisão, *recall* e F1-score. Pode-se concluir que o uso de fog computing aliado com um algoritmo de detecção de anomalias é escalável, apesar da simulação não ter sido realizada em um ambiente real de *fog computing*.

O estudo abordado em caldas mostra uma alternativa de solução completa de IDS baseado em aprendizado de máquina e IPS baseado em bloqueio de dispositivo. Esse trabalho utilizou-se de um conceito denominado NIDS (Network Intrusion Detection System) o qual é responsável pela detecção de anomalias na rede, bem como o armazenamento de regras de acesso a rede. Por meio de *fog computing* essas regras são lidas e aplicadas aos dispositivos dessa rede na limitação ou bloqueio total do tráfego malicioso, sendo esse o principal guia para nossa proposta.

A proposta de (Illy & Kaddoum, 2023) , aborda um modelo de IDPS para IIoT (IoT Industrial) com foco em uma alta acurácia e uma baixa latência, para isso foi feito uso de um classificador binário baseado em DNN, que executa uma pré-classificação entre tráfego malicioso e tráfego legítimo e posteriormente, alimenta um classificador multiclasse, baseado em um modelo de DNN mais robusto. Ademais, propõem regras de mitigação que são aplicadas na rede e nos dispositivos. Por fim, é feita uma validação

do modelo proposto com o uso de diversos *datasets* de ataques *wireless*. De forma semelhante, este trabalho também cumpre a etapa de pré-classificação, porém utilizando aprendizado federado para classificar o tráfego. Em contrapartida as regras de mitigação são aplicadas apenas nos dispositivos.

Os autores em (Mazhar et al., 2021) propõem um sistema IDPS escalável e em tempo real baseado em SDN e *Support Vector Machines*. Utilizam o core do SDN para criar uma assinatura de tráfego de rede sobre circunstâncias normais e então simular um ataque na rede para gerar um dataset de ataques, os quais serviram como base para o treinamento do modelo de *machine learning*. Os resultados apresentaram acurácia de 97% e 99% na detecção de ataques dentro das simulações. A solução desenvolvida neste trabalho não utilizou de redes SDN ou *Netflow* na sua implementação. A criação de uma assinatura de tráfego é feita pelo treinamento do modelo de aprendizado federado, diferentemente da solução de SDN, entretanto, também foi utilizado do expediente citado de gerar *datasets* de ataque para retreinar o modelo federado.

Outra proposta para identificação foi apresentada em (Abreu et al., 2025), e se baseia em um modelo de IDS híbrido (qIDS), entre computação quântica e computação clássica, na detecção ataques. Esse trabalho aplicou técnicas de pré-processamento com computação quântica, aliado a algoritmos de aprendizado de máquina já conhecidos, como *support vector machine*, sem, no entanto, demonstrar a implementação completa da solução, desde a geração do tráfego, até sua identificação final.

### 3. Metodologia

A solução desenvolvida neste trabalho tem como principal objetivo mitigar ataques de negação de serviço distribuídos (DDoS) em redes IoT, neutralizando o tráfego anômalo gerado por dispositivos infectados, diretamente na sua origem. Essa abordagem visa evitar a sobrecarga da rede e minimizar os impactos da disseminação do ataque para servidores e infraestruturas externas.

O modelo de ataque utilizado nos testes segue o mesmo modelo de genérico de ataque na camada de rede e de transporte, apresentado em (Bala & Behal, 2024), e também na estrutura de mitigação proposta em (De Caldas Filho et al., 2023), resultando na arquitetura conceitual apresentada na Figura 1, a qual resume a solução construída.

A mitigação é realizada por meio da estrutura de HIPS, cuja responsabilidade exclusiva é bloquear dispositivos na rede. Essa estrutura é dividida em controlador e clientes, os quais são executados diretamente nos dispositivos IoT infectados. Essa estrutura é capaz de aplicar medidas corretivas de forma autônoma, incluindo a finalização de processos maliciosos, a aplicação de filtros de tráfego para bloqueio de pacotes suspeitos bem como, interrupção da comunicação dos *bots* com sua controladora. Além disso, o HIPS impede que o dispositivo comprometido encaminhe tráfego anômalo para servidores específicos, reduzindo assim o impacto do ataque.

A geração do tráfego anômalo foi feita a partir de HTTP *flood* pela instalação do *malware* Mirai. Esse *malware* requer uma estrutura de controladora-cliente para ativação do ataque. Foram infectados dois dispositivos com o cliente do Mirai, ficando

um dispositivo na rede, dedicado a ser sua controladora. Nesses dispositivos também foi instalado o cliente do HIPS, para posterior bloqueio, segue a figura 1.

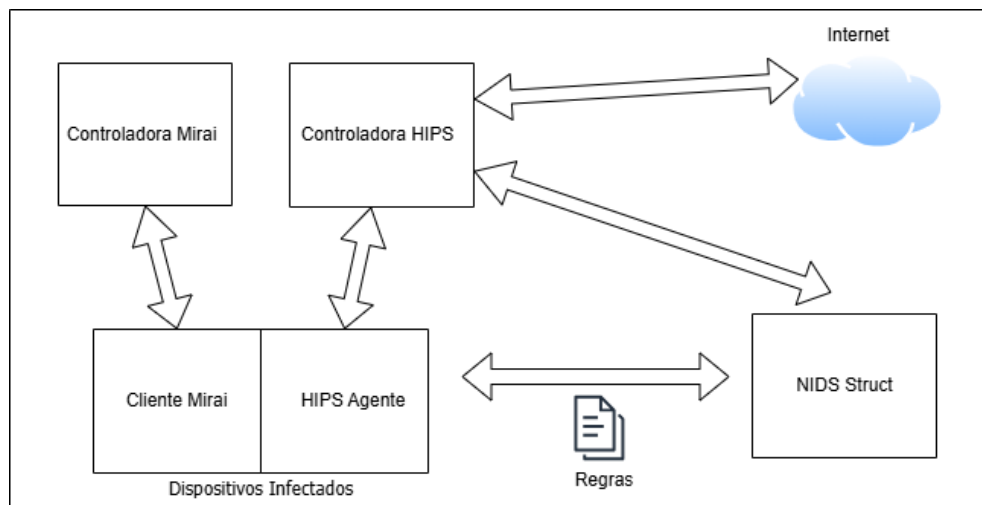


Figura 1 – Arquitetura NIDS HIPS

Também foi adicionado na rede um dispositivo dedicado exclusivamente ao recebimento dos ataques. Esse elemento foi dedicado a execução de um serviço *web* na porta padrão 80, para servir de alvo durante a execução dos ataques. Uma vez que o propósito dos testes foi analisar o tráfego, não foi feita avaliação sobre a estabilidade desse serviço enquanto o tráfego malicioso foi disparado.

O agente HIPS, instalado nos dispositivos IoT infectados, se comunica periodicamente com o controlador HIPS central, um software em nuvem responsável pela orquestração e armazenamento das informações provenientes dos dispositivos conectados. Essa abordagem permite que regras de segurança definidas pelo administrador sejam disseminadas de maneira eficiente para todos os dispositivos gerenciados pelo controlador, garantindo uma mitigação coordenada e escalável.

A estrutura NIDS, possui a capacidade de identificar padrões de tráfego anômalos e, quando necessário, enviar comandos ao agente HIPS para bloquear fluxos de dados maliciosos. Com essa abordagem, foi possível detectar ataques em tempo real, e também aplicar contramedidas eficazes diretamente na borda da rede, mitigando a propagação das ameaças e reforçando a segurança dos dispositivos IoT.

Aproveitando a estrutura do NIDS, foi construída a parte central do aprendizado federado, que pode ser visualizada na Figura 2. Essa abordagem permite a análise colaborativa de tráfego de botnets, distribuindo o processamento entre os dispositivos sem comprometer a privacidade dos dados. Para a implementação, foi utilizado o *framework Flower*, que possibilita a criação e o compartilhamento de modelos de detecção sem a necessidade de



distribuir os conjuntos de dados brutos entre diferentes instâncias. Essa característica preserva a privacidade das informações e garante que apenas os modelos treinados sejam compartilhados, evitando exposições desnecessárias de dados sensíveis.

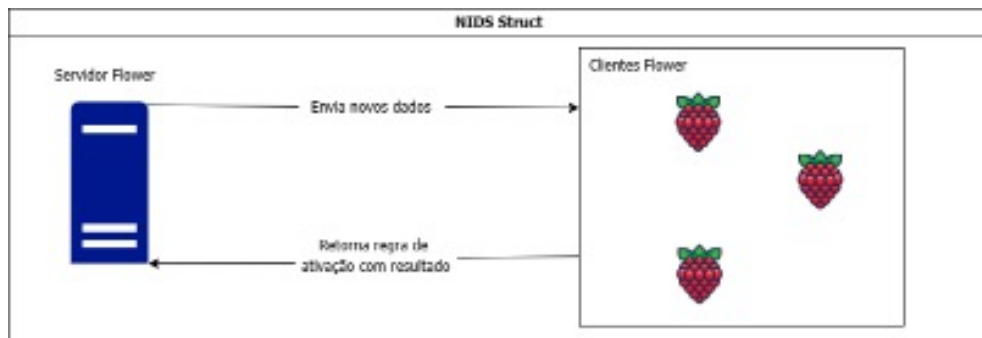


Figura 2 – Fluxo de envio e retorno de aprendizado federado

Uma das principais vantagens dessa abordagem é a flexibilidade na implementação do servidor *fog computing*, que pode ser hospedado em uma plataforma em nuvem. Dessa forma, elimina-se a necessidade de configurar regras específicas no *firewall* para permitir a comunicação entre o agente HIPS e o controlador, tornando a infraestrutura mais ágil e reduzindo a complexidade operacional na manutenção do sistema. Essa arquitetura distribuída, combinando comunicação via *REST API* para o controlador HIPS, e SSH para o NIDS, proporciona uma infraestrutura resiliente e eficiente para a detecção e mitigação de ataques. Além disso, possibilita a escalabilidade do sistema, permitindo que novas regras de segurança sejam implementadas de forma automatizada e descentralizada, aumentando a robustez da defesa contra ameaças emergentes.

Além da interação com o controlador, o agente HIPS se comunica diretamente com a estrutura do NIDS para compartilhar informações sobre tráfego suspeito e validar detecções de ataques. Essa comunicação ocorre via SSH, pois ambos os componentes estão localizados dentro do mesmo ambiente físico de rede. A utilização desse protocolo permite um canal seguro para o envio de comandos e a atualização de regras de mitigação em tempo real, garantindo que as respostas aos incidentes sejam rápidas e eficazes.

O fluxograma de comandos para inserir novas regras pode ser visualizado na Figura 3. Essa sistemática propõe uma entidade central *Flower server* que é responsável por agir como o servidor durante o treinamento federado, sendo responsável pelas estratégias de treinamento, definição do modelo utilizado, carregamento dos valores iniciais e iniciar o processo de treinamento nos clientes.

A comunicação entre o *server* e os *clients* ocorre com o uso de TLS, com um certificado autoassinado pelo server, para garantir uma maior segurança. O servidor e os clientes trocam informações sobre os parâmetros do treinamento durante toda sua execução, para os testes feitos nesse trabalho foram utilizados três clientes, com cinco rounds de treinamento, tendo cada round duas épocas.



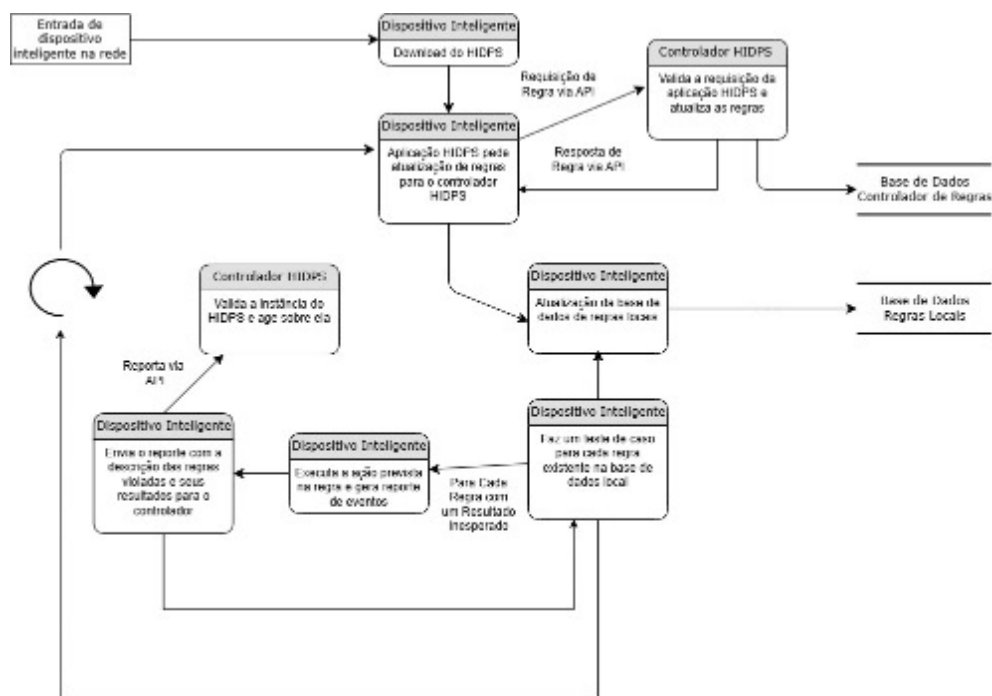


Figura 3 – Fluxo completo NIDS HIPS

Ao final, os valores resultantes são agregados, por meio da avaliação federada, a qual faz uma média ponderada sobre resultado do aprendizado de cada cliente. Esse valor é sumarizado e avaliado quanto a limiar percentual para identificação do ataque. Se esse valor final ultrapassar 80% de acerto do modelo, o controlador HIPS é acionado. Como no experimento só havia tráfego malicioso, a taxa de acerto do modelo atingiu esse limiar em todos os testes.

A comunicação entre o agente HIPS e o controlador ocorre por meio de chamadas *REST API* direcionadas ao servidor. Esse mecanismo permite que o agente consulte periodicamente a existência de novas regras de segurança a serem aplicadas. Quando uma nova regra é disponibilizada, o agente HIPS a baixa e atualiza automaticamente sua base de dados, garantindo que a mitigação de ameaças ocorra de forma dinâmica e em tempo real.

#### 4. Resultados e Análises

Foi elaborado um cenário para validar a capacidade do HIPS em mitigar ataques de negação de serviço destinadas ao target. Utilizando dois dispositivos infectados (bots), a controladora do Mirai foi configurada para disparar um ataque DDoS para um servidor *web* (alvo), com duração de 100 segundos.

O tráfego destinado ao servidor *web* foi espelhado para o NIDS *Struct*, por meio da técnica *port mirroring*, onde foi possível inspecionar todos os pacotes destinados a ele.

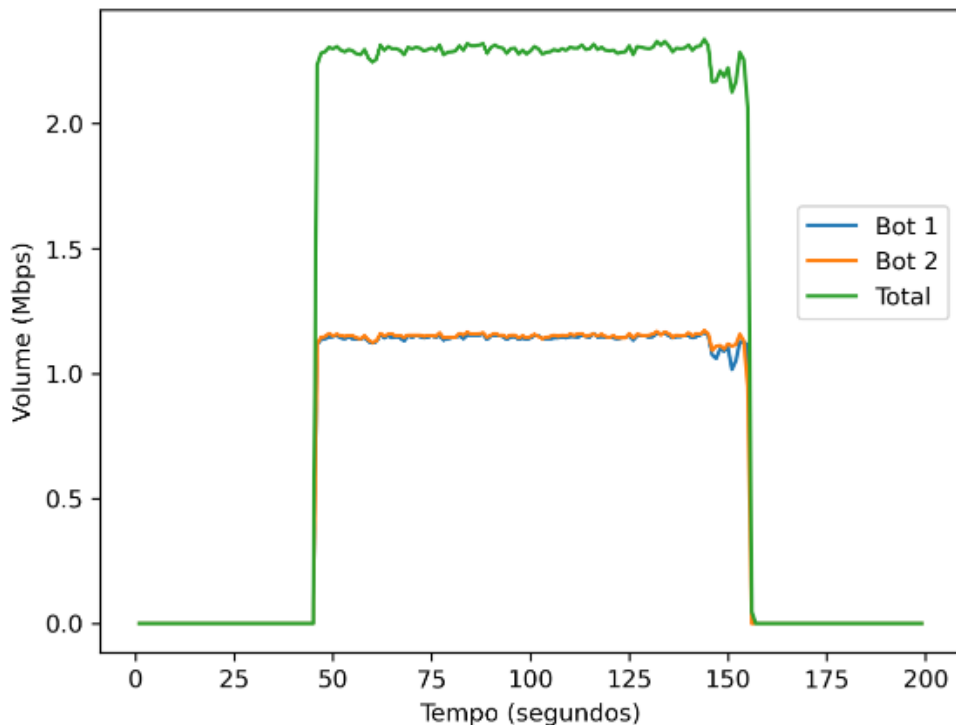


Figura 4 – Volume de Tráfego HTTP por cada *bot*

Os *bots* iniciam um ataque volumétrico, caracterizado pela borda de subida do sinal, que será interrompido pelo HIPS, após receber o comando para bloqueio total dos pacotes HTTP destinados ao servidor alvo. Os ataques realizados foram baseados em solicitações HTTP, na qual cada *bot* infectado começa a abrir um número excessivo de novas conexões com o alvo. Esse tipo de ataque se baseia na arquitetura do HTTP e do TCP, que por serem protocolos orientados à conexão precisam realizar a operação de iniciar sessão (syn e ack), assim, ao abrir um grande número de novas conexões muito rapidamente, esse processo visa exaurir os recursos disponíveis no servidor alvo, e impedir que clientes legítimos tenham acesso às suas aplicações.

Os volumes dos pacotes destinados ao alvo e o instante de tempo correspondente podem ser visualizados na Figura 4. O sinal ilustrado representa a média do tráfego total bem como a média do tráfego de cada *bot*, nos três testes. Como no cenário de teste proposto havia somente tráfego malicioso, a curva de tráfego total seguiu o mesmo padrão da curva de tráfego individual por cada *bot*. Além disso, nota-se que o gráfico possui um

formato semelhante a um pulso quadrado, devido ao fato de a regra de mitigação gerada pelo HIPS encerrar completamente toda a comunicação dos *bots* infectados com o servidor alvo de forma quase instantânea.

Nos testes ilustrados, o ataque foi iniciado aproximadamente 40 segundos após a captura do tráfego iniciar, e as regras de bloqueio foram acionadas após 140 segundos do início do teste, resultando em uma janela de 100 segundos para análise do tráfego de ataque. A seguir constam os dados resumidos na tabela 1 dos três testes realizados, contendo o valor máximo de tráfego em megabits, a respectiva média e desvio padrão, e o tempo de resposta desde a execução do comando de bloqueio, até o tráfego ser totalmente interrompido.

| Número do Teste | Tráfego Máximo (Mbits) | Tráfego Médio (Mbits) | Desvio Padrão | Tempo para Bloqueio (s) |
|-----------------|------------------------|-----------------------|---------------|-------------------------|
| 1               | 2,3285                 | 2,2550                | 0,2755        | 8                       |
| 2               | 2,3373                 | 2,2867                | 0,0399        | 10                      |
| 3               | 2,3402                 | 2,2917                | 0,0311        | 9                       |

Tabela 1 – Resultados dos Testes

Os valores de máximo, média e desvio padrão foram calculados considerando exclusivamente o período de duração do ataque, a fim de evitar vieses estatísticos. O tempo de resposta foi medido a partir do momento em que ocorreu a perturbação no volume de tráfego. Como ilustrado na Figura 4, foi considerado o instante de 156 segundos, quando o volume capturado apresentou uma leve queda. Uma possível explicação para esse comportamento é a capacidade limitada de processamento dos dispositivos IoT, que, além de continuar enviando o tráfego de ataque, precisaram processar simultaneamente as regras de bloqueio recebidas. A partir desse instante, é possível identificar a borda de descida do sinal, em que todo o tráfego malicioso é interrompido.

Também pode ser observar pela Figura 4, que o volume de tráfego se assemelha a uma distribuição uniforme, indicando que no instante em que o ataque se inicia, os *bots* utilizam todo seu processamento para executar as requisições, sendo essa uma possível assinatura de tráfego a ser percebida por quaisquer sistemas de detecção.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Os experimentos realizados demonstraram a eficácia do HIDPS na detecção e mitigação de ataques de negação de serviço (DDoS) em um ambiente controlado. A rede isolada utilizada nos testes permitiu validar a capacidade do sistema em identificar tráfego anômalo e aplicar regras de mitigação de forma autônoma.

No cenário proposto, ataques volumétricos HTTP foram gerados por bots infectados com o *malware* Mirai, que abriram um número excessivo de conexões para um servidor Web. O tráfego foi inspecionado pelo NIDS *Struct*, que detectou a atividade maliciosa e acionou o HIPS para bloquear totalmente os pacotes HTTP destinados ao servidor. A

análise dos dados revelou que o sistema conseguiu interromper os ataques dentro de um tempo médio de 9 segundos para sua mitigação, garantindo a continuidade do serviço sem exaurir os recursos computacionais do alvo.

Os resultados reforçam a viabilidade da abordagem baseada em Aprendizado Federado para a mitigação de DoS, permitindo que regras de defesa sejam aplicadas de maneira descentralizada e dinâmica. Como trabalho futuro, pretende-se explorar técnicas avançadas de *Deep Learning* para aprimorar a tomada de decisão do HIPS, otimizando a identificação de padrões anômalos e a aplicação de regras de mitigação em tempo real.

A integração entre um sistema eficiente de detecção de ataques utilizando aprendizado federado e um sistema de prevenção de ataques no host oferece vantagens estratégicas significativas. Primeiramente, a abordagem preserva a privacidade dos dados ao evitar a centralização de informações sensíveis, reduzindo riscos associados a vazamentos ou acessos não autorizados. Além disso, ao atuar diretamente na origem do tráfego malicioso, o sistema consegue mitigar ataques de forma mais rápida e precisa, minimizando impactos sobre a infraestrutura da rede.

Em propostas futuras, poderá ser implementado o uso de tráfego legítimo simulado em conjunto com a execução de ataques na mesma rede, permitindo uma análise mais realista do comportamento dos dispositivos. Além disso, novas heurísticas de monitoramento global poderão ser adicionadas, abrangendo parâmetros como uso de memória, consumo de CPU, largura de banda, latência, taxa de pacotes descartados e disponibilidade dos dispositivos. Essas métricas possibilitarão uma detecção mais precisa de anomalias e ameaças, aprimorando a segurança e a resiliência da rede.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Laboratório LATITUDE, da Universidade de Brasília, ao TED 01/2021 da Secretaria Nacional de Assistência Social – SNAS/DGSUAS/CGRS, ao TED 01/2021 da Procuradoria Geral da Fazenda Nacional – PGFN, ao Projeto SISTER City (Outorga 625/2022 – FAP/DF), ao Projeto “SISPRO-DF” (Outorga 497/2023 – FAP/DF), ao Decanato de Pesquisa e Inovação – DPI/UnB e a FAP/DF.

## Referências

- Ali, S., Li, Q., & Yousafzai, A. (2024). Blockchain and federated learning-based intrusion detection approaches for edge-enabled industrial IoT networks: A survey. *Ad Hoc Networks*, 152, 103320. Elsevier.
- Aouedi, O., Vu, T.-H., Sacco, A., Nguyen, D. C., Piamrat, K., Marchetto, G., & Pham, Q.-V. (2024). A survey on intelligent Internet of Things: Applications, security, privacy, and future directions. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/COMST.2024.3430368>
- Bora, S. S. M. (2024). Fundamentos do sistema de detecção de intrusão e prevenção em ambientes de nuvem. *Revista Processando o Saber*, 16(01), 01–12. <https://www.fatecpg.edu.br/revista/index.php/ps/article/view/332>

- Costa, D. D., Naik, O. P., & Pawar, O. R. (2023). Towards effective intrusion detection in OpenFlow-based SDN architectures. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:266893350>
- De Caldas Filho, F. L. et al. (2023). Botnet detection and mitigation model for IoT networks using federated learning. *Sensors*, 23(14), 6305.
- Doriguzzi-Corin, R., & Siracusa, D. (2024). FLAD: Adaptive federated learning for DDoS attack detection. *Computers & Security*, 137, 103597.
- Gugueoth, V., Safavat, S., & Shetty, S. (2023). Security of Internet of Things (IoT) using federated learning and deep learning — Recent advancements, issues and prospects. *ICT Express*, 9(5), 941–960.
- Illy, P., & Kaddoum, G. (2023). A collaborative DNN-based low-latency IDPS for mission-critical smart factory networks. *IEEE Access*, 11, 96317–96329. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3311822>
- Lawal, M. A., Shaikh, R. A., & Hassan, S. R. (2021). A DDoS attack mitigation framework for IoT networks using fog computing. *Procedia Computer Science*, 182, 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.02.003>
- Li, T., Sahu, A. K., Talwalkar, A., & Smith, V. (2020). Federated learning: Challenges, methods, and future directions. *IEEE Signal Processing Magazine*, 37(3), 50–60.
- Lu, Y., & Da Xu, L. (2018). Internet of Things (IoT) cybersecurity research: A review of current research topics. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(2), 2103–2115.
- Mazhar, N., Salleh, R., Zeeshan, M., Hameed, M. M., & Khan, N. (2021). R-IDPS: Real time SDN based IDPS system for IoT security. In *2021 IEEE 18th International Conference on Smart Communities (HONET)*, 71–76. <https://doi.org/10.1109/HONET53078.2021.9615449>
- Mustafa, Z., Amin, R., Aldabbas, H., & Ahmed, N. (2024). Intrusion detection systems for software-defined networks: A comprehensive study on machine learning-based techniques. *Cluster Computing*. Springer.
- Sridhar, I., Pandya, R. J., Kallimani, R., Pai, K., Khanai, R., Torse, D., & Mavinkattimath, S. (2022). Survey on Internet of Things enabled by 6G wireless networks. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/2203.08426>
- Zerbini, R. Z. A. da Mata, De Caldas Filho, F. L., Mendonça, F. L. L., Fares, A. A. Y. R., & Sousa, R. T. (2021). Hybrid architecture for intrusion prevention and detection in IoT networks. In *2021 Workshop on Communication Networks and Power Systems (WCNPS)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/WCNPS53648.2021.9626246>
- Zhang, T., He, C., Ma, T., Gao, L., Ma, M., & Avestimehr, S. (2021). Federated learning for Internet of Things. In *Proceedings of the 22nd ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM)*, 413–419. <https://doi.org/10.1145/3485730.3493444>

- Zhou, L., Xu, X., & Wang, H. (2023). Federated learning for intrusion detection in Internet of Things. *Future Generation Computer Systems*, 128, 112–124. <https://doi.org/10.1016/j.future.2023.04.018>
- Rosa, A. C. F., Almeida, L. O., Vasconcelos, H. S., Romani, M., Mendonça, F. L. L., & De Caldas Filho, F. L. (2024, março). Segurança universitária reforçada: Uma solução de IoT para proteção de alunos em campus. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (Edição Especial), 228–242.
- Costa, V. S., Monteiro, M. S., Morais, I. D., França, J. L. A., Mendonça, F. L. L., & De Caldas Filho, F. L. (2024, janeiro). Implementação de um sistema de botão de pânico baseado em Internet das Coisas, redes móveis e aprendizado de máquina. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (Edição Especial), 243–256.
- Litoussi, M., Kannouf, N., El Makkaoui, K., Ezzati, A., & Fartitchou, M. (2020). IoT security: Challenges and countermeasures. *Procedia Computer Science*, 177, 503–508. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.10.069>

# Diseño de una aplicación informática para el análisis de la huella de carbono en Instituciones de Educación Superior

Betsy Mary Estrada Perea<sup>1</sup>, Érica Alexandra Correa Pérez<sup>2</sup>, Víctor Ignacio López-Ríos<sup>3</sup>, Álvaro Arango de Jesús Arango Ruiz<sup>4</sup>, Kevin Andrés Bedoya Sánchez<sup>5</sup>

bmestrada@correo.iue.edu.co; eacorrae@correo.iue.edu.co; vilopez@unal.edu.co;  
aarango@unilasallista.edu.co; kabedoya@correo.iue.edu.co

<sup>1,2,5</sup> Institución Universitaria de Envigado, Carrera 27 B No. 39 A Sur 57, 055422, Envigado, Colombia.

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Colombia, Escuela de Estadística, Carrera 65 Nro. 59A – 110, 50034, Medellín, Colombia.

<sup>4</sup> Corporación Universitaria Lasallista, Carrera 51 N°118Sur - 57, 055440, Caldas, Antioquia

**Pages: 173-185**

**Resumen:** La huella de carbono es un indicador de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas a partir de actividades de producción o de consumo de bienes o servicios. En este artículo se presenta el proceso de diseño de un software que, además de estimar la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera, permite el análisis de la huella de carbono organizacional específicamente en el sector educativo, relacionado con las funciones sustantivas de Instituciones de Educación Superior. Algunas funcionalidades de la aplicación informática son: la estimación de la huella de carbono, la visualización histórica de tal cálculo para una institución, la comparación de la huella de carbono entre instituciones, la identificación de fuentes con mayor emisión de gases de efecto invernadero y recomendaciones para sensibilizar acerca del cambio climático, disminuir las emisiones de gases y mitigar el impacto ambiental de tales emisiones.

**Palabras-clave:** Aplicación informática; diseño de software; gases de efecto invernadero; huella de carbono; institución de educación superior.

## *Design of a Software Application for the Analysis of the Carbon Footprint in Higher Education Institutions*

**Abstract:** The carbon footprint is an indicator of greenhouse gas emissions generated by production activities or the consumption of goods or services. This article presents the process of designing software that, in addition to estimating the amount of CO<sub>2</sub> emitted into the atmosphere, enables the analysis of the organizational carbon footprint specifically in the education sector, focusing on the core functions of Higher Education Institutions. Some functionalities of the software application include: estimating the carbon footprint, tracking the trend of such calculations over time for a specific institution, comparing carbon footprints



between institutions, identifying sources with the highest greenhouse gas emissions, and providing recommendations to raise awareness about climate change, reduce greenhouse gas emissions, and mitigate the environmental impact generated.

**Keywords:** Software application; software design; greenhouse gases; carbon footprint; higher education institution.

## 1. Introducción

La huella de carbono (HdC), según Bashir *et al.* (2022), Bashir *et al.* (2023) y Helmers *et al.* (2021), es definida como una estrategia para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. Los GEI forman una capa que impiden que la energía emitida por la tierra, como respuesta a la radiación solar que recibe, salga de la atmósfera provocando el calentamiento del planeta. Las consecuencias de este efecto invernadero se puede apreciar en el cambio climático y en los eventos cada vez más frecuentes y catastróficos de inundaciones, incendios y enfermedades infecciosas entre otros.

Existen normas internacionales para medir la huella de carbono. Algunas son: ISO 14064, PAS 2050 y GHG Protocol (Sinden, 2009). Estas normas proporcionan pautas para calcular, según el agente generador, la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente emitido a la atmósfera. En este sentido, la huella de carbono puede ser: individual o corporativa. La huella de carbono individual cuantifica los GEI que genera una persona en el desarrollo de las actividades de su vida cotidiana. En cambio, la huella de carbono corporativa estima los GEI liberados a la atmósfera como resultado de los procesos de producción y consumo a cargo de instituciones, organizaciones u empresas.

Un número creciente de instituciones de educación superior ha tomado conciencia frente a la problemática del cambio climático, la identificación de su cuota al problema, la responsabilidad de reducir las emisiones de GEI y el compromiso de resarcir el daño generado como aporte al cuidado del medio ambiente. Algunos estudios que dan cuenta de las contribuciones de las instituciones de educación superior en esta dirección son:

El cálculo de la HdC de la Universidad de la Salle sede Candelaria, haciendo uso de calculadoras en línea, identificando al transporte como la actividad que genera la mayor cantidad de CO<sub>2</sub> y al consumo de gas como la que menos GEI emite (Reyes y Panche, 2019). Resultados similares se obtuvieron en la investigación realizada por Pérez y Oblitas (2023) en la Universidad Nacional de Jaén, en Perú, al medir su huella de carbono para el año 2021, considerando las fuentes relacionadas con el consumo de combustibles y energía eléctrica y en la cual las conclusiones señalan que el consumo de combustibles fue la actividad con mayor emisión de CO<sub>2</sub>. Por otra parte, Vega (2019) estima la HdC correspondiente al año 2018 de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga; los resultados indican que el total de emisiones fue de 409.19 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente; adicionalmente plantea estrategias para aminorar el impacto generado. Farfán (2020) elabora un informe acerca de los GEI generados por la Universidad Santo Tomás en el año 2018 y asociados a las fuentes de emisión: quema de combustibles fósiles, uso de equipos de aire acondicionado, adquisición de extintores, uso de fertilizantes, consumo de energía eléctrica y papel, demanda de vuelos corporativos y la producción de residuos.

En esta misma dirección, existen usos de la tecnología que promueven la búsqueda de un futuro más sostenible (Mora et al., 2024). Es así como, se han diseñado aplicaciones informáticas como solución a la sistematización del cálculo de las toneladas de CO<sub>2</sub> que se emiten al desarrollar ciertas actividades. Algunas de estas aplicaciones son: La herramienta de cálculo CAEM, la calculadora FECOC, el software desarrollado por GreeMko y la calculadora construida por Manglai.

La mayoría de estas aplicaciones se limitan al cálculo de la huella de carbono individual y no consideran un análisis a nivel corporativo que incluya:

- El diseño de estrategias de sensibilización frente al concepto de huella de carbono y de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- El planteamiento de acciones para resarcir el daño ambiental ocasionado por procesos de producción y de consumo de bienes o servicios.
- Uniformidad en la metodología empleada para la medición de la huella de carbono que facilite la comparación de resultados.

Por lo anterior, el propósito del presente estudio es diseñar una aplicación informática para analizar la huella de carbono de instituciones de educación superior producto de sus actividades misionales. Los resultados de dicho análisis constituyen un insumo para la toma de decisiones que aporten a alcanzar metas relacionadas con el logro del objetivo de desarrollo sostenible que propende por la calidad del aire. La aplicación informática incluye funcionalidades para medir la huella de carbono corporativa, contrastar las emisiones de GEI entre instituciones, visualizar las estimaciones de las huellas de una institución en el tiempo, identificar las fuentes de emisión que más CO<sub>2</sub> generan, proponer un plan de disminución de emisiones, plantear estrategias para atenuar la afectación ambiental y poner a disposición material cuyo objetivo es concientizar a la comunidad universitaria acerca del cambio climático y sus consecuencias.

El artículo está organizado de la siguiente manera: en la segunda sección se da a conocer la metodología usada para el diseño del software; en la sección siguiente se muestran los resultados relacionados del diseño de la aplicación informática que incluyen los modelos funcionales y estructurales elaborados; luego, en la cuarta sección se discuten dichos resultados; por último, se presentan las conclusiones del estudio y el trabajo futuro.

## 2. Método

En esta sección del artículo se describe la metodología considerada para el diseño del software, enfatizando en las actividades que se llevan a cabo en Instituciones de Educación Superior y que son relevantes en el cálculo de la HdC corporativa. Para el diseño del software se emplea la metodología de desarrollo por prototipos. Esta tiene un enfoque iterativo que permite crear versiones preliminares del software antes de su implementación final. Se basa en la retroalimentación continua de los artefactos construidos, reduciendo riesgos y garantizando que el producto final cumpla con los requisitos esperados.

Las fases de esta metodología son: la recolección de los requisitos iniciales, el diseño del prototipo, la evaluación del usuario, el refinamiento y la repetición, el desarrollo y la implementación final. La recolección de los requisitos iniciales permite identificar

los requerimientos básicos del usuario sin necesidad de detallarlos completamente, pues se espera que evolucionen con las retroalimentaciones al prototipo. En la fase de diseño del prototipo se construye una versión preliminar de la aplicación que ofrezca las funcionalidades principales, priorizando el diseño de las interfaces gráficas de usuario para facilitar la retroalimentación. Luego, en la evaluación por parte del usuario o del interesado se usa el prototipo y a partir de tal experiencia se proporcionan comentarios que hagan referencia a posibles mejoras y modificaciones. Después, en la fase de refinamiento y repetición se hacen ajustes al prototipo a partir de los comentarios del usuario o interesado, realizando varias iteraciones hasta lograr un diseño satisfactorio. Por último, en el desarrollo e implementación final se construye la aplicación informática basada en el prototipo validado, incorporando las mejoras a nivel de codificación y garantizando la funcionalidad completa. Es importante aclarar que el alcance de este artículo no cubre la última fase de esta metodología.

### 3. Resultados

Los resultados obtenidos para cada una de las fases de la metodología de desarrollo del software por prototipos son los siguientes:

#### 3.1. Requisitos iniciales

Considerando las fases de la metodología seleccionada para el cálculo de la HdC, basada en los estándares internacionales GHG Protocol, la ISO 14064-1 y la Norma PAS 2050, se identifican como requisitos iniciales los presentados a continuación:

- Calcular la huella de carbono, estableciendo límites organizacionales, (cálculo de la institución, de una sede o de un núcleo de la institución) y considerando diferentes fuentes de emisión de GEI. Las sedes se entienden como partes de una misma institución ubicadas en ciudades diferentes, en cambio los núcleos corresponden a porciones de la institución en la misma ciudad, pero en espacios geográficos separados.
- Permitir el registro de datos relacionados con las actividades que generan emisiones de GEI, incluyendo el consumo de: combustibles, energía eléctrica, gas, agua; y demás emisiones relacionadas con la movilidad de empleados y estudiante, los residuos sólidos, aguas residuales y compostaje, la producción de materias primas, los viajes de negocios, entre otros.
- Permitir el registro del factor de emisión, específico del país o en su defecto el definido internacionalmente, para cada fuente de emisión de GEI. Gestionar los factores de emisión utilizados en los cálculos de la huella de carbono, permitiendo modificar los factores según sea necesario.
- Filtrar los resultados relacionados con las emisiones de GEI por alcance de la fuente (1, 2 o 3) y por la fuente de emisión (consumo de combustibles, consumo de energía eléctrica, viajes, etc)
- Generar informes que incluyan los datos registrados y los cálculos generados de la HdC, adicionalmente permitir exportar tales informes en formato PDF.
- Comparar los resultados entre distintas fuentes de emisión para una misma institución, empleando gráficos.
- Visualizar el cálculo histórico de la HdC para identificar tendencias, según el

límite organizacional establecido (institucional, por sede o por núcleo).

- Proporcionar interpretaciones de la estimación de la HdC y recomendaciones para reducir las emisiones de GEI. Entre ellas, el uso de fuentes de energías más limpias y de tecnologías basadas en hidrógeno verde, alternativas prometedoras que ofrecen un gran beneficio medioambiental (Ramírez *et al.*, 2022) o la implementación de microrredes solares que generen y distribuyan energía fotovoltaica por el campus (Arrieta *et al.*, 2022).
- Identificar la fuente de emisión que más contribuye a la HdC de la institución (sede o núcleo) y proporcionar estrategias para disminuir el aporte.
- Generar gráficos estadísticos para visualizar los resultados de la HdC. Incluir la opción de exportar tales gráficos.
- Proporcionar recomendaciones de estrategias a implementar para mitigar el impacto de las emisiones de GEI generadas por la institución (por ejemplo, cantidad de árboles a sembrar).
- Ofrecer material didáctico para familiarizar a la comunidad con el concepto de la HdC y con estrategias para reducirla.

Los requisitos iniciales fueron considerados en la construcción del prototipo de la aplicación para el cálculo de la HdC en Instituciones de Educación Superior. Adicionalmente, se identifican las siguientes como fuentes de emisión relevantes en el cálculo de la HdC de instituciones de educación superior: consumo de energía eléctrica en edificios, desplazamientos regulares del personal (estudiantes, docentes, administrativos y demás) hacia y desde el campus, construcción de edificios y adecuación de la infraestructura, viajes del personal (asistencia a eventos académicos y científicos entre otros), consumo de agua (por ejemplo, en el funcionamiento de baños, en actividades de riego, en limpieza de fachadas y área comunes), consumo de papel y uso de aires acondicionados en oficinas, aulas, salas de informática y auditorios.

### 3.2. Diseño del prototipo

Para el diseño del prototipo del software se realizaron modelos funcionales y estructurales. Los diseños funcionales construidos son: el diagrama de casos de uso y las interfaces gráficas de usuario. En cuanto a los diseños estructurales se presentan el diagrama entidad-relación de la base de datos y el diagrama de clases de la aplicación.

Los actores de la aplicación informática son: un superadministrador que tendrán todos los privilegios del sistema de información y será el responsable de la creación de otros usuarios. Los administradores que gestionarán la información de cada institución, sede o núcleo y son los responsables del ingreso de datos de consumo para cada fuente de emisión. Por último, están los invitados o usuarios básicos que tienen sólo permisos para consultar información. En el diagrama de casos de uso de UML (Unified Modeling Language) se observan los actores del sistema y las acciones que realizan (ver Figura 1).

Algunas de las interfaces principales de la aplicación son las siguientes: el registro de las fuentes de emisión, el cálculo de la huella de carbono, y la visualización de gráficos con datos ingresados y cálculos realizados (ver Figuras 2, 3 y 4). Además de las interfaces presentadas se cuenta con otras para la gestión de usuario, el inicio de sesión, la presentación del menú inicial, la gestión de instituciones con sus sedes y núcleos, así

como otros gráficos que dan cuenta de los diferentes análisis e informes a partir del cálculo de la HdC.

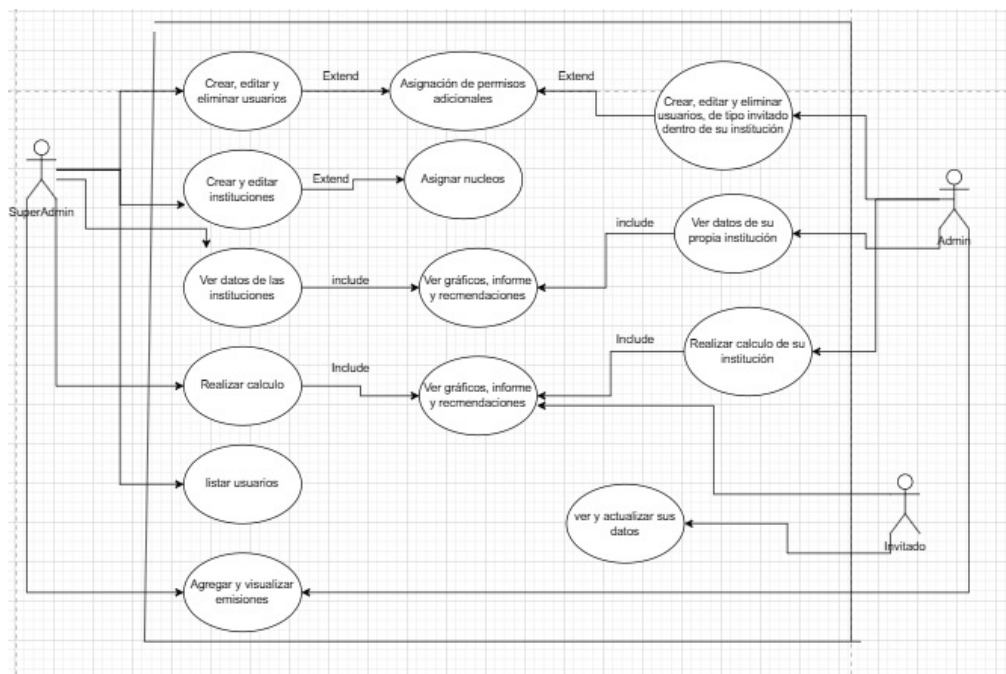


Figura 1 – Diagrama de casos de uso de UML del prototipo

Se aclara que los datos presentados en las interfaces no corresponden con la realidad, pues aún se están recolectando los datos para alimentar la aplicación. En cuanto al diseño de la base de datos se identifican entidades relevantes tales como: Institución, Municipio, Sede, Núcleo, Fuente de emisión, Usuario, Rol, entre otras. Tales entidades con sus atributos y relaciones se presentan en el diagrama Entidad-Relación (ver Figura 5).

La aplicación informática, diseñada siguiendo los lineamientos del paradigma orientado a objetos, está compuesta por clases de objetos, entre ellas: Institución, Departamento, Municipio, Sede, Núcleo, FuenteEmisión, Usuario, Rol y otras. Los atributos y métodos de estas clases de objetos, así como las relaciones entre ellas se detalla mediante el diagrama de clases de UML (ver Figura 6).

Calcular Emision

Ver perfil Ver perfiles Ver institucion Actualizar instl Registrar Emisi Calcular Informes Graficos Reducir Mas informac

Calcular huella de carbono institucional

Institucion en al que se encuentra registrado: INSTITUCION UNIVERSITARIA DE ENVIADO

Año base: 2025

Sede de la universidad: Enviado

¿Está calculando las fuentes de emision para un nucleo de la Universidad?

☒ No ☐ Si

Seleccionar fuente por nombre: BAGAZO

Su huella de carbono es de: 108.0

| Nombre fuente | Estado fuente | Alcance   | Campo Ambiental | Unidad medida | Factor Emisión | Co2 aportado |
|---------------|---------------|-----------|-----------------|---------------|----------------|--------------|
| BAGAZO        | Solido        | Alcance 1 | 100             | Kg            | 1.08           | 108.0        |

Inicio Limpiar Guardar calculo

Figura 2 – Interfaz para el registro de la fuente de emisión

Informe

Ver perfil Ver perfiles Ver institucion Actualizar instl Registrar Emisi Calcular Informes Graficos Reducir Mas informac

Seleccione la institucion a la que pertenece: INSTITUCION UNIVERSITARIA DE ENVIADO

Seleccione el municipio donde esta ubicada la sede: Enviado

Buscar

Seleccione año base: 2022

Su huella de carbono es de: 14010.72

Descargar

Inicio

| Nombre de la f... | tipo fuente       | Alcance   | Cantidad Cons... | unidad de medid... | Factor emision | Co2 aportado | año base |
|-------------------|-------------------|-----------|------------------|--------------------|----------------|--------------|----------|
| KEROSENE GE...    | Combustibles f... | Alcance 1 | 1234.0           | Gal                | 9.72           | 11994.48     | 2022     |
| ENERGIA           | Energia           | Alcance 2 | 12123.0          | Kwh                | 0.14           | 1697.22      | 2022     |
| BAGAZO            | Combustibles f... | Alcance 1 | 124.0            | Kg                 | 1.08           | 205.32       | 2022     |
| GAS NATURAL       | viales            | Alcance 3 | 123.0            | Kg                 | 0.9            | 110.7        | 2022     |



Figura 3 – Interfaz para el cálculo de la huella de carbono

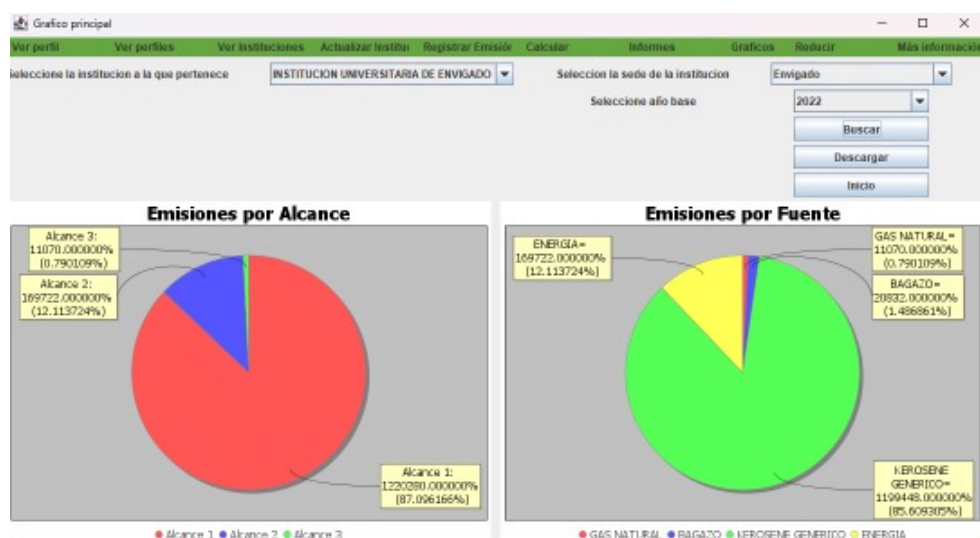


Figura 4 – Interfaz para visualizar el porcentaje de emisiones por alcance y Fuente

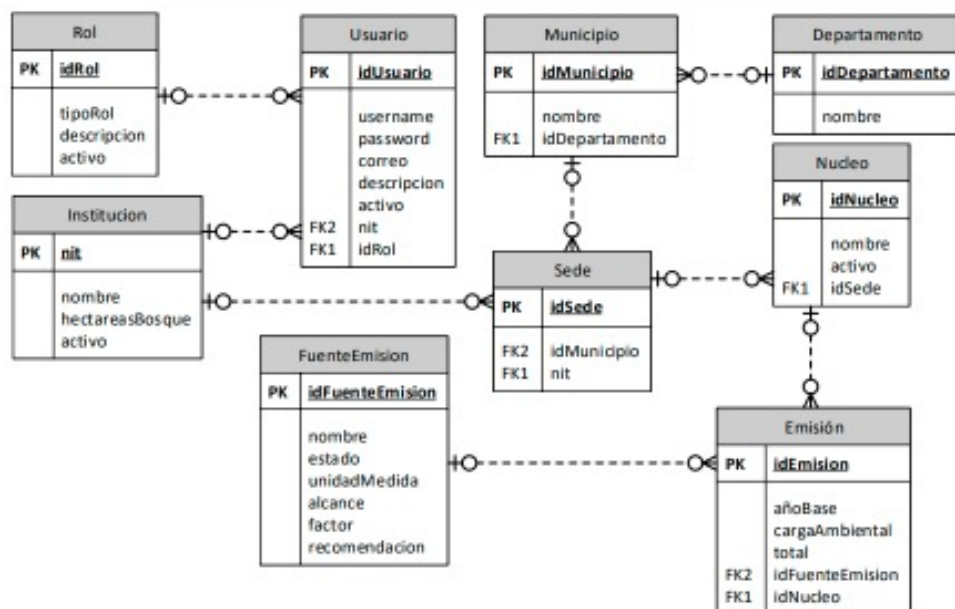


Figura 5 – Diagrama Entidad-Relación de la base de datos del prototipo



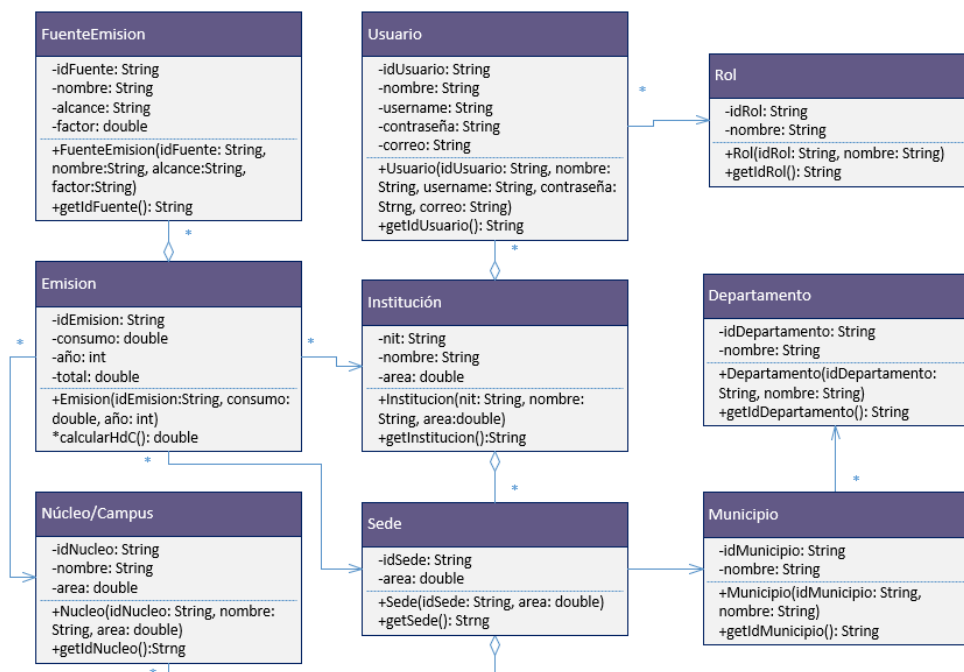


Figura 6 – Diagrama de clases UML del prototipo

### 3.3. Evaluación por expertos

Los requisitos iniciales, la metodología para el cálculo de la HdC y los modelos funcionales y estructurales del prototipo fueron presentados a un conjunto de expertos en el diseño de aplicaciones de software, siguiendo la estrategia *Focus Group* (Mendoza-Moreno et al., 2013) con la finalidad de identificar oportunidades de mejoras de los diseños y validar que a partir del prototipo modelado sea posible dar cumplimiento a los requisitos de la aplicación informática.

La estrategia empleada para la evaluación por expertos consta de cuatro fases: (i) planeación de la validación; (ii) definición de los expertos; (iii) conducción de la validación y (iv) análisis de la información y reporte de resultados. Cada fase se compone de actividades y estas a su vez están integradas por tareas. En la primera fase se define el objetivo de la validación y se prepara el material que da contexto a los expertos para realizar la evaluación. En la fase de definición de expertos se especifica el perfil de los profesionales que participarán en la evaluación. Luego, en la fase de conducción de la validación, se presenta el material de contextualización a los expertos y se toma nota de las observaciones y opiniones de éstos respecto a los diseños de la aplicación informática. Por último, el análisis de información y reporte de resultados se realiza a partir del consolidado de observaciones de los expertos para identificar las oportunidades de mejora del prototipo. Entre las acciones de mejora están:

- Incluir un módulo para la gestión de usuarios con diferentes roles. Algunos usuarios podrán únicamente consultar información, mientras otros podrán registrar información de las instituciones, sedes y núcleos, así como datos relacionados con sus fuentes de emisión y cargas ambientales. El usuario con rol de administrador puede crear sedes y núcleos en la institución a la que pertenece. Adicionalmente, el usuario de una institución no podrá modificar la información de otra.
- Modificar la interfaz de usuario para la selección de las instituciones, sedes o núcleos a comparar, de tal forma que se mejore la usabilidad de la aplicación.

### 3.4. Refinamiento del prototipo

En la fase de refinamiento del prototipo se realizaron los cambios propuestos por los expertos, adicionalmente para el desarrollo de la aplicación, enfocada en el análisis de la huella de carbono en Instituciones de Educación Superior, es requerida la siguiente arquitectura:

- Conexión a una base de datos local para almacenar los datos de las instituciones y los usuarios.
- La aplicación sigue el patrón MVC (Modelo-Vista-Controlador), lo que permite una separación clara entre la lógica de negocio, la interfaz de usuario y el manejo de la base de datos. Los modelos representan la lógica del negocio y la interacción con la base de datos. Incluye además las funcionalidades para el cálculo de la huella de carbono y la manipulación de los datos de las instituciones y usuarios. Por otra parte, se usa la librería Swing de Java para el diseño de las interfaces gráficas de usuario.

## 4. Discusión

En el ámbito de la sostenibilidad ambiental, se han diseñado herramientas informáticas como solución a la sistematización del cálculo de las toneladas de CO<sub>2</sub> que se emiten al desarrollar ciertas actividades. Algunas de estas herramientas son:

La aplicación informática de cálculo CAEM construida por la Fundación Natura y la Cámara de Comercio de Bogotá. Esta aplicación está alineada con el “Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte – GHG Protocol” y la norma NTC-ISO 14064-1. Ha sido utilizada por la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA) con el fin de estimar su huella de carbono institucional y proponer estrategias para disminuir las emisiones de GEI (CAEM, 2025).

La calculadora FECOC desarrollada por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). Esta aplicación informática permite cuantificar las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el consumo de combustibles en Colombia. Aunque no está diseñada exclusivamente para instituciones educativas, puede ser empleada por universidades para estimar las emisiones asociadas al consumo de energía y combustibles fósiles en el desarrollo de las operaciones sustantivas (UPME, 2025).

La herramienta GreeMko es un software de sostenibilidad ambiental que permite cuantificar automáticamente la huella de carbono en los alcances 1, 2 y 3 correspondientes

respectivamente a: las emisiones de GEI directas, las emisiones de GEI indirectas derivadas del consumo de energía eléctrica y otras emisiones indirectas debido al uso de materias primas e insumos, así como viajes de negocio. Esta herramienta facilita la gestión ambiental activa, planteando objetivos de mejora continua para disminuir costos e impactos ambientales asociados (Greemko, 2025).

El Software Manglai es una calculadora gratuita, diseñada para empresas, que permite estimar y gestionar las emisiones de CO<sub>2</sub>. Se basa en estándares internacionales como el GHG Protocol y la norma ISO 14064, asegurando resultados aptos para informes oficiales y certificaciones. Adicionalmente, puede a disposición un sistema de recomendaciones y alertas como mecanismo para mitigar las emisiones de GEI (Manglai, 2025).

La mayoría de estas aplicaciones fueron diseñadas para estimar la huella de carbono individual, no la corporativa específicamente de Instituciones de Educación Superior. Otras solo consideran fuentes de emisiones de GEI directas dejando de lado las emisiones indirectas. Y en otros casos las herramientas solo calculan la HdC sin plantear estrategias de sensibilización frente a la disminución de emisiones de GEI, ni proponer acciones para mitigar el daño ambiental ocasionado por procesos de producción y de consumo de insumos o servicios.

## 5. Conclusiones

El diseño de la aplicación informática presentada en este estudio responde a la necesidad de contar con una herramienta específica para el análisis de la huella de carbono en Instituciones de Educación Superior. A diferencia de otras soluciones existentes, esta aplicación no solo permite estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas, sino que también proporciona funcionalidades adicionales como la comparación entre instituciones, el análisis histórico de las emisiones y la identificación de las principales fuentes de gases de efecto invernadero.

Los resultados obtenidos evidencian la importancia de integrar herramientas tecnológicas en la gestión ambiental universitaria. La aplicación facilita la toma de decisiones fundamentadas en datos y permite a las instituciones formular estrategias de reducción de emisiones, promoviendo una cultura de sostenibilidad dentro de la comunidad académica.

Además, se destaca la importancia de contar con una metodología estandarizada para el cálculo de la huella de carbono, lo que favorece la comparación de resultados y la adopción de medidas conjuntas entre diversas instituciones. La inclusión de estrategias de sensibilización y mitigación en la aplicación contribuye a generar mayor conciencia sobre el impacto ambiental y la responsabilidad institucional frente al cambio climático.

Como trabajo futuro, se plantea la implementación y validación de la herramienta en varias instituciones, con el fin de evaluar su efectividad y realizar mejoras. Asimismo, se propone la integración de modelos predictivos que permitan estimar tendencias futuras de emisiones y la incorporación de módulos para la certificación de buenas prácticas en sostenibilidad. Por último, se plantea automatizar el cálculo de la HdC institucional, por sede o por núcleo de algunas emisiones indirectas a partir de las emisiones individuales.

## Referencias

- Arrieta, M.P., Castaño, A.M., Marrugo, C., Mendoza, R.R. (2022). *Integración de una microrred solar fotovoltaica al sistema eléctrico de un buque de apoyo logístico y cabotaje liviano BALC-L*, Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, E49, 65-79
- Bashir, M.F., Ma, B., Xia, W., Shahzad, U., Radulescu, M. (2022). Do economic openness and institutional quality influence environmental patents? Empirical evidence from South Asia, *Environ. Eng. Manag. J.*, 21 (1), 49-61.
- Bashir, M.F., Pan, Y., Shahbaz, M., Ghosh, S. (2023). How energy transition and environmental innovation ensure environmental sustainability? Contextual evidence from Top-10 manufacturing countries, *Renew. Energy*, 204, 697-709, 10.1016/j.renene.2023.01.049
- CAEM. (2025). *Huella de carbono para el personal corporativo*. Corporación Ambiental Empresarial. <https://caem.org.co/ConveniosCARCAEM/huellacarbono/>
- Farfán J. (2020). *Cálculo de la Huella de Carbono de la Universidad Santo Tomás 2018. [Trabajo de grado. Universidad Santo Tomás]*. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/21869>
- Greemko (2025). *Software de sostenibilidad ambiental para empresas*. Greemko. <https://greemko.com/>
- Helmers, E., Chang, C.C., Dauwels, J. (2021). Carbon footprinting of universities worldwide: Part I—objective comparison by standardized metrics, *Environ. Sci. Eur.*, 33, 1-25
- Manglai (2025). *La plataforma de gestión de carbono auditada e impulsada por IA*. Simplifica la gestión de tu huella de carbono. <https://www.manglai.io/>
- Mendoza-Moreno, M., González-Serrano, C. y Pino, F. (2013). *Focus group como proceso en Ingeniería de Software: una experiencia desde la práctica*. Dyna, 80(181), 51-60.
- Mora, C.O., Ortiz, K.H., Lozoya, J., Valdez, A. (2024). *Aplicación de la Inteligencia Artificial para una gestión pública eficiente: un enfoque hacia la sostenibilidad*. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, E74, 126-137
- Ramírez, D., Vásquez, O. y Riola, J.M. (2022). *Contaminación cero: la propulsión basada en hidrógeno del buque colombiano de apoyo a catástrofes*. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, E49, 550-559
- Pérez A. y Oblitas A. (2023). *Estimación de Huella de Carbono en la Universidad Nacional de Jaén para el 2021. [Trabajo de grado. Universidad Nacional de Jaén]*. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/549>
- Reyes D. y Panche L. (2019). *Determinación de la huella de carbono de la Universidad de La Salle sede Candelaria. [Trabajo de grado. Universidad de La Salle]*. [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/1124/](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1124/)

- Sinden, G.E. (2009). The contribution of PAS 2050 to the evolution of international greenhouse gas emission standards, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 14, 195-203. doi: 10.1007/s11367-009-0079-3
- UPME (2025). *Calculadora de Factores de Emisión de Combustibles (FECOC)*. Calculadora de emisiones CO2. [https://app.upme.gov.co/Calculadora\\_Emisiones1/new/calculadora.html](https://app.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones1/new/calculadora.html)
- Vega D. (2019). *Estimación de la huella de carbono y de la huella hídrica de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga en el año 2018. [Trabajo de grado. Universidad Pontificia Bolivariana]*. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/8442>

# La participación de las unidades de la escuadra naval en operaciones multinacionales ejecutadas en Ecuador

Sonia María Barragán Lucas<sup>1</sup>, Wendy Esthela Wasbrum Tinoco<sup>2</sup>,  
Margarita del Rocío Palma Samaniego<sup>3</sup>, Víctor Danilo Lazo Alvarado<sup>4</sup>

[smbarragan3@espe.edu.ec](mailto:smbarragan3@espe.edu.ec); [wewasbrun@espe.edu.ec](mailto:wewasbrun@espe.edu.ec); [mdpalma3@espe.edu.ec](mailto:mdpalma3@espe.edu.ec);  
[vdlaazo@espe.edu.ec](mailto:vdlaazo@espe.edu.ec)

<sup>1</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – Dpto. Ciencias Humanas – Quito, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – Dpto. Seguridad y Defensa – Sangolquí, Ecuador.

<sup>3</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – Dpto. Seguridad y Defensa – Sangolquí, Ecuador.

<sup>4</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE – Dpto. Ciencias Exactas – Quito, Ecuador.

**Pages: 186-199**

**Resumen:** En un medio internacionalizado y en el que prevalecen las amenazas transnacionales, la Armada del Ecuador ha incrementado el nivel de implicación y desarrollo de distintas operaciones multinacionales, con el afán de potenciar su seguridad y, al mismo tiempo, contribuir a la estabilización de la región. El objetivo del estudio es establecer de qué forma la participación en operaciones multinacionales ayuda a la seguridad nacional y a la estabilidad regional, y la eficacia del sistema ORIÓN para el control y el mando. La metodología se desarrolla a partir de la revisión de documentos oficiales, informes militares, entrevistas a expertos y análisis de casos de estudio. Los resultados muestran que la participación en operaciones multinacionales, Gala-pex, Unitas y Solidarex, ha permitido una amplísima contribución a mejorar las capacidades de la escuadra naval ecuatoriana, ha permitido la consolidación de relaciones diplomáticas y ha facilitado la lucha ante amenazas transnacionales como el narcotráfico o la piratería. La incorporación de tecnologías avanzadas ha optimizado el control y la respuesta durante las operaciones de misiones multinacionales y ha consolidado a Ecuador con un actor principal en la seguridad regional. Las conclusiones apuntan que la cooperación internacional ha sido fundamental para fortalecer la defensa nacional y aumentar la seguridad marítima de la región.

**Palabras-clave:** Amenazas, Seguridad, Estabilidad.

## *The participation of naval squadron units in multinational operations carried out in Ecuador*

**Abstract:** In a globalized context with transnational threats, the participation of the Ecuadorian Navy in multinational operations has increased to improve its security while contributing to regional stability. This document aims to evaluate

how participation in these operations affects national security and regional stability, as well as the effectiveness of the command-and-control system ORIÓN. For the methodology, official documents, military reports, expert interviews, and case studies will be used. RoS indicate that participation in multinational operations such as Galapex, Unitas and Solidarex, has improved the operational capabilities of the Ecuadorian navy; improved diplomatic relations; and fostered the fight against transnational threats such as drug trafficking and piracy. The adoption of advanced technology has optimized control and response in multinational missions, establishing Ecuador as a key player in regional security. The conclusions highlight that international cooperation has reinforced national defense and increased maritime security in the region.

**Keywords:** Multinational Participation, Regional Security, Advanced Technology.

## 1. Introducción

En un mundo cada vez más globalizado, donde las amenazas a la seguridad se han vuelto complejas y transnacionales, la cooperación militar multinacional es una necesidad imperiosa. Ecuador, un país estratégico para América Latina, ha aumentado su participación en las operaciones navales multinacionales con la finalidad de aumentar su seguridad y aportar a la estabilidad regional. Esta realidad plantea la siguiente interrogante: ¿La Armada del Ecuador ha logrado aplicar un mando y control oportuno gracias a su nuevo sistema de gestión de información de recursos ORIÓN para cumplir con la misión obtenida en las órdenes de operaciones de estas actividades multinacionales?

Para dar respuesta a la pregunta planteada se presenta la siguiente hipótesis: La participación oportuna de sistemas de alta gama en conjunto con personal altamente capacitado en las unidades de la Escuadra Naval ecuatoriana en operaciones multinacionales contribuye con la seguridad del país y la estabilidad regional. Para ello se presentan los siguientes argumentos: la participación en operaciones multinacionales permite a las unidades navales del Ecuador adquirir habilidades y tecnologías de alta gama, aumentando su capacidad operativa; y el nivel de modernización y capacitación del personal de las unidades navales del Ecuador aporta con la capacidad de alistamiento y operatividad en las operaciones multinacionales. La organización de las operaciones multinacionales permite a Ecuador combatir el narcotráfico, la piratería y otras amenazas transnacionales de manera efectiva, logrando así la seguridad en sus fronteras tanto en el interior como en el exterior de su territorio.

Para poder llevar a cabo un análisis de este tema, un análisis que describa la metodología utilizada en el trabajo, se recurrirá a una metodología cualitativa basada en la revisión de toda la documentación oficial, que puede ser informes militares de las operaciones navales multinacionales e informes en forma de estudios académicos sobre la participación de Ecuador en operaciones multinacionales. Antes de cualquier análisis, se localizan las políticas de defensa -la política de defensa de Ecuador y la de seguridad- para recuperar los objetivos de las operaciones multinacionales. La investigación llevará la siguiente estructura en primer lugar se consideran las operaciones multinacionales que realizan las unidades navales de Ecuador y como se ha requerido de la adquisición de habilidades y tecnología avanzada para estar al mismo nivel de las otras armadas.



A continuación, se analiza el nivel de modernización del sistema de mando y control Orión y el nivel de capacitación del personal de las unidades navales. A la conclusión, se evalúa como la participación de las multinacionales en operaciones permite al Ecuador realizar la lucha contra el narcotráfico, la piratería y otras amenazas transnacionales, que las Naciones Unidas han tratado de erradicar”. La finalidad de este estudio consistía en delimitar el alcance de la participación de las unidades de la escuadra naval ecuatoriana en operaciones multinacionales y al mismo tiempo determinar si esta participación ha permitido a Ecuador, en función del contexto del sector defensa, tener capacidades defensivas avanzadas, niveles de modernización y un personal con una mejor capacitación, así como también que haya un tratamiento efectivo de amenazas comunes en la región.

## **2. Metodología**

La metodología implementada en la presente investigación se basa y fundamenta en una metodología de enfoque cualitativo; puesto que su finalidad es indagar y comprender exhaustivamente la participación de la Armada del Ecuador en operaciones multinacionales y el efecto de la implementación del sistema ORIÓN en la mejora de las capacidades propias de operación y de mando. Para Sampieri et al. (2014), en el enfoque cualitativo, “el fin último no es la generalización estadística; sino por el contrario la comprensión del fenómeno en toda su complejidad, profundidad y significado”. Por esta razón, en la investigación se limita a interpretar los datos obtenidos mediante la revisión y análisis de documentos oficiales, informes militares, estudios académicos y entrevistas a expertos en defensa y seguridad marítima, con la intención de lograr una comprensión holística del objeto de estudio.

En relación al diseño de la investigación se optó por un método descriptivo-explicativo; pues tiene que ver con la identificación, descripción y explicación de la participación en operaciones multinacionales y el fortalecimiento de las capacidades de la Armada del Ecuador, así como el papel del sistema ORIÓN en este proceso explicativo. Sampieri (2014) indica que “los estudios descriptivos persiguen una representación fidedigna de las características más significativas de la población o fenómeno, en tanto que los estudios explicativos intentan averiguar las causas y efectos del fenómeno”. Por este motivo, el objetivo que persigue el trabajo no es únicamente el de describir cuales son las acciones y resultados de esos operativos, sino también el de analizar como éstas se articulan en lo concerniente a la defensa y a la seguridad nacionales.

Para la recolección de la información se recurrió a una revisión pormenorizada de la documentación oficial emitida por la Armada del Ecuador, informes, análisis y memorias de las operaciones multinacionales desarrolladas en los últimos años, en concreto las campañas Galapex, Unitas y Solidarex, permitiendo obtener datos fácticos y contextuales concernientes no solamente a las capacidades y avances tecnológicos, sino también a las estrategias que las fuerzas armadas ecuatorianas han adoptado en esas actividades; complementariamente y de forma paralela se realizaron entrevistas a peritos en seguridad marítima y defensa, que aportaron un punto de vista cualitativo y técnico en relación a la efectividad del sistema ORIÓN y la importancia de la participación internacional en la seguridad nacional y regional.

En relación al análisis de los datos, se tomó como referencia una metodología de análisis documental y de contenido, con el fin de obtener patrones, relaciones significadas en la información sistematizada de esta vez. A través de la triangulación de diversas fuentes que van desde los informes oficiales hasta las entrevistas, se pudieron validar los hallazgos y garantizar la coherencia de los resultados informados. La triangulación de fuentes, tal y como indican Sampieri et al. (2014), “se considera importante, porque ayuda a corroborar la validez de la información, aumentando así la confiabilidad del estudio”.

En términos generales, la metodología cualitativa basada en la revisión de documentos, en entrevistas a expertos y en el análisis de casos concretos, ha dado pie a una explicación holística de cómo afecta la participación de la Armada del Ecuador en operaciones de carácter multinacional, así como la implementación de tecnologías mejoradas, como el sistema ORIÓN, a la modernización y fortalecimiento de las capacidades de la Armada del Ecuador en términos de seguridad marítima.

### **3. Análisis**

#### **3.1. Operaciones multinacionales de las Unidades de la Escuadra Naval de la Armada del Ecuador**

La participación en operaciones multinacionales permite a las unidades navales de Ecuador adquirir habilidades y tecnología avanzada, mejorando su capacidad para proteger la soberanía nacional. Esto ha sido uno de los elementos más relevantes para mejorar el nivel de modernización de las unidades navales, implementando sistemas de mando y control como el sistema Orión, mejorando el nivel de operatividad y efectividad de las operaciones de control y afianzando las relaciones internacionales entre armadas a nivel mundial, para poder consolidar la seguridad marítima de los espacios acuáticos protegiendo los recursos vivos y no vivos de la costa del pacífico.

#### **3.2. Tipos de operaciones multinacionales que cumplen las Unidades de la Escuadra Naval de la Armada del Ecuador**

La Armada del Ecuador cumple con Operaciones Multinacionales para mejorar la protección de los espacios acuáticos, pesca ilegal y minimizar el cometimiento de ilícitos en el mar cumpliendo con diferentes ejercicios que requieren la Coordinación con otras Armadas como es el caso de Galapex, Solidarex y Unitas.

Entre las operaciones multinacionales a nivel interno se tienen las Galapex que han permitido la práctica de tácticas avanzadas de vigilancia y patrullaje marítimo, enfocadas en la protección del espacio marítimo y recursos naturales (Armada del Ecuador, 2024). Este ejercicio multinacional está enfocado en ejercer control marítimo en busca de minimizar la Pesca INDR en esta región debido a su diversidad de animales marinos y lograr proteger las especies de esta región. Por otro lado, La cooperación en Unitas ha proporcionado capacitación en simulación de combate y maniobras tácticas con flotas extranjeras, lo que refuerza la preparación para posibles amenazas (Armada de Ecuador, 2019). En el caso de las Solidarex, son operaciones enfocadas en la ayuda humanitaria y

la asistencia en desastres, que han contribuido en el perfeccionamiento de las habilidades de respuesta rápida y logística en situaciones de crisis (Comando Sur de los Estados Unidos, 2020). Este tipo de operaciones permite cumplir con ejercicios prácticos enfocados en un análisis de escenarios y de actuación centrado en las capacidades de las aeronaves, En síntesis, estas operaciones han incrementado las capacidades técnicas y operativas del personal naval ecuatoriano, fortaleciendo su aptitud para defender la soberanía nacional en escenarios de alta complejidad. Esto evidencia que el avance en la capacitación debe ir acompañado de una adopción eficiente de tecnología avanzada, aspecto clave en las operaciones navales de mando y control.

En los últimos diez años, las unidades navales ecuatorianas han incorporado tecnología de vanguardia en sus operaciones de mando y control, logrando así mejorar la coordinación y eficacia en las misiones multinacionales. La elaboración del sistema ORIÓN ha permitido, a su vez, la integración de la información en tiempo real, facilitando la toma de decisiones tácticas en las operaciones de Galapex (Ministerio de Defensa del Ecuador, 2021). Los ejercicios de los sistemas de comunicación en Unitas han actualizado los protocolos de interoperabilidad con otras armadas, facilitando así la colaboración internacional (Armada de Ecuador, 2019). El uso de drones y satélites en Solidarex ha mejorado las operaciones de vigilancia y rescate, permitiendo una mayor precisión en la localización de las emergencias (Solidarex, 2021). Permitiendo así poder lograr una mayor precisión del plan aéreo procedimientos de entrada y Salida Aérea que se deben cumplir en este tipo de operaciones, teniendo así un entrenamiento previo. En conclusión, la adopción de tecnología avanzada ha elevado la capacidad de mando y control de las unidades navales, permitiendo una respuesta más efectiva en misiones multinacionales y mejorando la protección de los intereses nacionales. Siendo el siguiente paso es evaluar cómo esta mejora en tecnología y capacitación influye en la protección de la soberanía ecuatoriana en sus aguas territoriales.

### **3.3. Beneficios de las operaciones multinacionales**

Gracias a su participación en operaciones multinacionales y la aplicación de tecnología de punta, ha contribuido a un mejor equipamiento de las unidades para la protección de la soberanía de la República del Ecuador en sus fronteras marítimas, generando un nuevo entorno que permite incrementar la seguridad internacional a través de la interrelación de las diferentes Armadas de otros países en pos de un bienestar de alcance común. El aprendizaje en Galapex ha permitido incrementar la capacidad de vigilancia de las islas Galápagos y proteger sus recursos marinos de la pesca ilegal (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2020); la cooperación en Unitas ha fortalecido la seguridad marítima ante amenazas como el narcotráfico y el contrabando en la costa ecuatoriana (Armada del Ecuador, 2019); el aprendizaje en el ejercicio Solidarex ha asegurado una respuesta rápida ante la ocurrencia de situaciones de emergencia y fortalecer la infraestructura costera de Ecuador y Comando Sur de los Estados Unidos, 2020. Por último, con respecto a las capacidades, las capacidades navales y tecnológicas han fortalecido la función desempeñada por Ecuador con respecto a su soberanía marítima, garantizando la seguridad de sus aguas territoriales y recursos naturales. Esta constante evolución en tecnología y preparación garantiza que las fuerzas navales de Ecuador seguirán desempeñando un papel crucial en las futuras operaciones multinacionales.

3.4.Unidades de la Escuadra en operaciones Multinacionales

Con relación a las unidades de la Escuadra naval que han participado en operaciones multinacionales se tiene que en el caso de Unitas, Solidarex y Galapex realizan ejercicios con el objetivo de tener un nivel de coordinación efectivo en caso de requerirse. En las Operaciones Unitas se tiene que en el año 2020 se realizó este ejercicio en Ecuador donde las Armadas de diferentes países como fueron Perú, Chile, Honduras, Italia, entre otras Armadas, en el cual se centró en el control marítimo aplicado a las flotas pesqueras de origen chino, considerando que generan un gran nivel de afectación al medio ambiente y sobre todo a las Islas Galápagos (INFODEFENSA, 2020). En el ejercicio de Solidarex (2021) que se cumplió en el Ecuador se realizaron ejercicios de operaciones de asistencia humanitaria (HA) y mitigación de desastres (DR) mediante operaciones navales de superficie, aeronavales y desembarco; en la playa murciélago en manta desde el día 14 al 17 de octubre de 2021, a fin de contribuir al esfuerzo del estado ecuatoriano en asistencia a poblaciones afectadas por un desastre natural (Solidarex, 2021).En Galapex (2024), participaron la Corbeta Loja, LAE ISLA ISABELA (ISA), LAE ISLA SAN CRISTÓBAL (CRI) en donde se cumplió con un ejercicio que consistió en la detección y la intersección de una unidad marítima con pesca ilegal por lo que se realizó la coordinación aérea cumplió con el ejercicio de detección marítima (Solidarex, 2021) (Ecuador, 2024). Si bien es cierto según indica León et al. (2020) que, a pesar de ya contar con la tecnología necesaria como sensores, es necesario un estudio complementario para aprovechar al máximo la efectividad de estos instrumentos (León, y otros, 2020).

En este orden de ideas, estudios como el de Martínez y Guevara (2022) sugieren que la interoperabilidad no solo contribuiría a una mejora en la eficacia táctica entre fuerzas navales participantes en ejercicios multinacionales, sino que además favorecería las relaciones diplomáticas de los Estados participantes, estableciendo beneficios geoestratégicos entendidos a largo plazo. Similar a este planteamiento, el estudio de Rodríguez (2023) centrado en operaciones navales conjuntas en Sudamérica enfatiza la importancia del intercambio de inteligencia en tiempo real y el empleo de plataformas compartidas ante amenazas no tradicionales como la pesca ilegal y el narcotráfico marítimo. También el estudio llevado a cabo por Fernández y Salazar (2021) concluyen en que la normalidad en la participación en ejercicios, Galapex en este caso, facilite la mejora en la res-puesta frente a emergencias marítimas favoreciendo la capacitación del personal e integración de tecnología emergente en escenarios operacionales reales.

| Operaciones    | Unidades de la Escuadra                                                                                              | Principales Resultados                                                                                                                                                                  |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Unitas 2020    | Corbeta Esmeraldas, Corbeta Manabí, Corbeta Loja, Cuenca, Tanquero Atahualpa, Lancha Guardacostas Isla San Cristóbal | Como resultado principal se tiene el incremento de la interoperabilidad, Fortalecimiento de la seguridad marítima regional, entrenamiento, entrenamiento y modernización de las fuerzas |
| Solidarex 2019 | Fragata, y corbetas                                                                                                  | Se logró mejorar la capacidad de respuesta en caso de desastres naturales.                                                                                                              |
| Solidarex 2021 |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                         |

| Operaciones  | Unidades de la Escuadra                                            | Principales Resultados                                                                                                                                                                                                               |
|--------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Galapex 2023 | CORBETA MANABI, LAE ISLA ISABELA (ISA)                             | El cumplimiento de los formatos experimentales, alineados a las “OROPS”, permitieron la estandarización de procedimientos de visita, inspección y captura a las embarcaciones en presunto cometimiento de actividades de pesca INDNR |
| Galapex 2024 | CORBETA LOJA, LAE ISLA ISABELA (ISA), LAE ISLA SAN CRISTÓBAL (CRI) | El cumplimiento del plan de eventos, el mantenimiento del mando y control táctico, la explotación de la iniciativa y el mantenimiento del objetivo fue efectivo                                                                      |

Tabla 1 – Operaciones Multinacionales

Por lo tanto, la participación de las unidades de la Escuadra Naval de Ecuador en ejercicios como Solidarex 2021 ha sido determinantemente beneficiosa para optimizar su capacidad de respuesta ante desastres naturales y ante eventualidades, fortaleciendo la cooperación internacional y la eficiencia operativa en lo humanitario; estas experiencias han sido provechosas para que las fuerzas navales ecuatorianas asientan su papel en cuanto a la seguridad marítima y en cuanto a su preparación de cara a una o varias eventualidades. En este contexto, el ejercicio multinacional GALAPEX III 2024, centrado en el nivel de modernización y capa-citación del personal de las unidades navales en Ecuador, refuerza aún más el alistamiento y la operatividad de la Escuadra Naval en las operaciones multinacionales. Sin embargo, es crucial contar con un nivel de modernización en las unidades para cumplir con este tipo de operaciones considerando los requerimientos de tecnología en las unidades de la Escuadra.

El grado de modernización y formación del personal de las unidades navales del Ecuador favorece el grado de preparación y funcionamiento en las operaciones multinacionales que realiza la Escuadra Naval. El Sistema Orión de la Armada del Ecuador viene evolucionando como una plataforma avanzada que promueve la gestión de combate y la gobernanza marítima, y es en este contexto que se hace preponderante para la gestión, pues es capaz de tomar decisiones ante circunstancias que son comprometedoras en tiempo real (Ministerio de Defensa Nacional, 2017). Este sistema de gestión está instalado a bordo de las corbetas misileras clase “Esmeraldas” B-1, de la Armada del Ecuador para cumplir con las acciones tácticas y operacionales de los medios navales.

Además, mejora la coordinación interinstitucional entre diferentes entidades de seguridad y defensa, facilitando la ejecución de operaciones conjuntas, como patrullas y controles fronterizos (Mendoza & Pérez, 2023). Es decir, optimiza los recursos disponibles en las operaciones navales, al integrar varios componentes clave, como comunicaciones y sistemas de rastreo, lo que asegura un uso eficiente de los recursos militares en misiones marítimas (Gómez, 2021). El Sistema Orión de la Armada del Ecuador se constituye una plataforma tecnológica avanzada que favorece tanto la toma de decisiones en tiempo real, la gestión de recursos, como la coordinación interinstitucional. En conclusión, el

sistema es fundamental para la defensa marítima del país en la medida que permite reducir los tiempos de centralización de la operación naval, lo que permite mantener un nivel de seguridad para la soberanía ecuatoriana.

Aparte de las cualidades de mando y control, el Sistema Orión destaca por su sofisticada tecnología para el monitoreo en tiempo real lo que permite el rastreo de las operaciones de control en la ejecución de las operaciones de control que se realizan. Por otro lado, el Sistema Orión combina la aplicación de la tecnología satelital con el monitoreo en tiempo real, lo que permite un rastreo continuo de embarcaciones y otros objetos que se ubican en el alto mar. El acceso a la tecnología satelital aumenta la capacidad de monitoreo de la soberanía marítima ecuatoriana además de la capacidad de respuesta en el tiempo de riesgo (Fernández, 2020). De manera parra complementaria, la combinación con sistemas que hacen detección avanzada como radares y sensores permite la identificación precisa de amenazas potenciales en el entorno marítimo (Ramírez, 2021). Finalmente, la posibilidad de realizar el rastreo de objetos en grandes zonas oceánicas gracias a la obiedad de tener la cobertura satelital asegura que la Armada pueda estar al corriente de extensas áreas marítimas en cualquier lugar del mundo, desde la zona económica exclusiva ecuatoriana, hasta aguas internacionales (ASTINAVE, 2017) la tecnología satelital y los sistemas de detección avanzada que incursionan en el Sistema Orión- permiten el rastreo de embarcaciones y objetos en extensas zonas marítimas, incrementando la eficacia de las operaciones navales. En síntesis, la integración de estas tecnologías hace que el Sistema Orión sea una herramienta esencial para la vigilancia y seguridad en el mar, mejorando significativamente la capacidad de respuesta de la Armada. Sin embargo, la efectividad de este sistema depende también de la formación y capacitación del personal que lo opera, un factor igualmente crítico.

Finalmente, el nivel de operatividad del Sistema Orión depende directamente de la formación especializada del personal técnico y operativo, quienes reciben entrenamiento continuo en el uso de las herramientas de monitoreo y control de este sistema (Espinoza, 2021). Por otro lado, la ejecución de simulacros y ejercicios prácticos afecta la capacidad de respuesta del personal, porque se fomenta que estén preparados para manejar el sistema bajo presión (Roldán, 2022). Otro aspecto igualmente relevante radica en la formación continua en materia de conocimientos tecnológicos, ya que el personal civil deberá estar al día sobre las últimas perfecciones y progresos tecnológicos del sistema para así garantizar su rendimiento (Salazar, 2023); de donde se empieza a considerar que la formación especializada supone una pieza fundamental de la maquinaria del Sistema Orión, ya que se debe asegurar su óptimo funcionamiento ante cualquier escenario de defensa. De manera similar, el Sistema Orión, conjugando lo tecnológico con la infraestructura humana capacitada, garantiza que la Armada del Ecuador esté preparada para garantizar su función de defensa de la soberanía marítima del Ecuador.

Las operaciones multinacionales permiten a Ecuador manejar el narcotráfico, la piratería y otras amenazas transnacionales incrementando la seguridad en su país o fuera de él.

La participación de Ecuador en operaciones multinacionales ha sido fundamental en el proceso de lidiar con el narcotráfico, uno de los riesgos transnacionales que más ha comprometido la seguridad interna y que ha puesto en riesgo la estabilidad del contexto regional. Con la Operación Unitas, Ecuador no solo ha reforzado las capacidades de intercepción de rutas de tráfico de drogas en el Pacífico, sino que puede trabajar



conjuntamente con las armadas de Colombia y Estados Unidos (Armada del Ecuador, 2020). Por su parte, la Operación Galapex ha permitido que Ecuador cuente con tecnología apropiada de vigilancia satelital y aérea (Ministerio de Defensa del Ecuador, 2021).

Por último, la Operación Orión V, en la cual Ecuador trabajó con países de la región, permitió llegar incluso a incautar cargamentos importantes de drogas, logrando dismantelar reliquias de redes criminales transnacionales (Organización de Estados Americanos [OEA], 2020). Por lo tanto, se concluye que las operaciones multinacionales promovidas por Ecuador le han permitido incrementar su capacidad de respuesta frente al narcotráfico, generando una mayor seguridad en sus aguas territoriales y en la región. Los avances en la lucha contra el narco-tráfico permitieron que Ecuador también comience a enfrentarse a otros desafíos de tipo transnacional como la piratería, que afecta la seguridad en las rutas marítimas. Ecuador ha tenido un rol importante en la lucha contra la piratería y la protección de las rutas comerciales realizando operaciones multinacionales.

En la Operación Atalanta, Ecuador ha mantenido la cooperación con la Unión Europea y otros países latinoamericanos para proteger la ruta comercial en el océano Atlántico, dejando una reducción de los ataques piratas importante (Unión Europea, 2019). También la Operación Galapex ha conseguido implementar patrullas permanentes en el área de las Islas Galápagos, un espacio marítimo que es susceptible a la piratería y otras actividades ilegales, mejorando la seguridad en la región (Ministerio de Defensa del Ecuador, 2021). Por otra parte, la Operación Unitas le ha suministrado a Ecuador acceso a tecnología de radares y drones que ha sido fundamental para detectar de manera anticipada a embarcaciones piratas en sus aguas territoriales (Armada de Ecuador, 2020).

Resumiendo, su cooperación internacional, Ecuador ha conseguido mejorar la seguridad de las rutas comerciales y proteger los recursos marítimos, teniendo un rol protagónico en la lucha contra la piratería. Más allá de las mejoras en la lucha contra el narcotráfico y la piratería, Ecuador se ha visto también amenazado por el narcotráfico la piratería, y otras amenazas trasnacionales, el contrabando, que han sido objeto de la cooperación en operaciones multinacionales.

Ecuador procedió a ejercer las operaciones multinacionales no sólo de combate al narcotráfico y la piratería, sino también las estableció para enfrentarse a otras amenazas, como el contrabando, en cuanto a la parte correspondiente a su seguridad y bienestar. En la Operación Orión V, Ecuador no solo centró sus esfuerzos en el combate al narcotráfico, sino que también, dentro de esta operación de cooperación, Ecuador, junto a países vecinos, tuvo éxito en la interdicción de redes de contrabando de armas o de productos falsificados, de esta manera se reforzó la seguridad en la región (OEA, 2020). Similar a estos ejemplos se presenta la Operación Solidarex, en la que Ecuador logró trabajar junto a países de la región latinoamericana para afianzar sus capacidades de respuesta ante redes delictivas de contrabando tanto de combustibles como de recursos naturales (Comando Sur de los Estados Unidos, 2021).

Finalmente, la participación de ecuatoriana en la Operación Libertad, permitió la interdicción de embarcaciones vinculadas al tráfico de personas, otra de las graves



amenazas que atenta contra la estabilidad interna y regional (Ministerio de Defensa del Ecuador, 2021).

En suma, la cooperación multinacional ha reforzado a Ecuador los mecanismos y la tecnología necesaria para responder al contrabando y otras amenazas transnacionales asegurando seguridad a su lado interno y del exterior. La recurrente y habitual participación de Ecuador en operaciones de este tipo dan cuenta de su disposición para contribuir a la cooperativa global, asegurando que continuará siendo parte de la lucha contra el crimen transnacional.

#### **4. Contrargumento**

La participación de Ecuador en operaciones multinacionales puede no contribuir, tal como se ha manifestado, a proteger su soberanía nacional, dado que la habilidad para adquirir niveles de tecnología suficiente puede ser obstruida por los factores internos que pudieran llegar a presentarse, como llegar a los límites impuestos por los factores externos. Aun cuando el estado ecuatoriano ya ha incorporado tecnología avanzada, la infraestructura para hacerle mantenimiento, adaptaciones o reemplazos es totalmente insuficiente, como lo advierte el informe de la Armada de Ecuador (2020): la incorporación de nuevas tecnologías se ve limitada o enfrentada por una infraestructura anticuada, pero también por la falta de personal apropiado que debe recibir capacitación permanente.

La dependencia de Ecuador en la cooperación multinacional, para adquirir niveles de habilidad, pero también de tecnología avanzada, puede volverlo vulnerable a cambios de política de relaciones internacionales en torno a los países que efectúan transferencia de conocimientos y habilidades. El Ministerio de Defensa del Ecuador (2021) incluso refiere que la dependencia de aliados internacionales para la capacitación y tecnología puede comprometer la autónoma y propia operativa de las fuerzas navales ecuatorianas. La eficiencia de la transferencia de conocimientos y habilidades adquiridas puede llegar a ser un tema muy discutido si no se ajusta el contexto con el local.

De acuerdo con el Comando Sur de los Estados Unidos (20-20), la adecuación de las tácticas y tecnologías a las realidades locales es fundamental, y que una parte importante de los conocimientos adquiridos se pierde sin su aplicabilidad en mejoras operativas.

La conclusión general alcanza a considerar que, si bien las operaciones multinacionales significan también medios para que Ecuador pueda adquirir habilidades y tecnologías avanzadas, existen limitaciones, tales como una infraestructura limitada, una dependencia de la cooperación externa y la eficiencia en la ciencia del aula, que podrían limitar la efectividad de estas mejoras. Debe entonces considerarse el hecho de que existen limitaciones operativas para evaluar la capacidad de éstas para proteger la soberanía nacional de Ecuador.

#### **5. Refutación**

A pesar de la preocupación de que el sistema ORIÓN quedara atrapado en la limitada implementación de la tecnología, la dependencia del recurso de la cooperación externa y de la transferencia de conocimiento, la investigación demuestra que las operaciones

multinacionales han sido contribuyentes positivos en las capacidades de las unidades navales del Ecuador.

La instalación del sistema ORIÓN ha incluido también mejoras en la infraestructura y la capacitación del personal. El Ministerio de Defensa del Ecuador (2021) informa que aún con las dificultades iniciales se han realizado inversiones en infraestructura para soportar la nueva tecnología y que los programas de adiestramiento han sido adaptados para conseguir el máximo aprovechamiento de las nuevas capacidades. Ecuador ha desarrollado capacidades que le permiten operar de forma mucho más autónoma, aunque la cooperación multinacional es importante.

La Armada del Ecuador (2020) demuestra que la transferencia de tecnología y de conocimiento han permitido el establecimiento de centros de adiestramiento y mantenimiento locales que constituyen una reducción de la dependencia frente a socios internacionales. Los saberes y competencias adquiridos mediante las operaciones multinacionales han encontrado una adaptación suficiente a la realidad local. El Comando Sur de los Estados Unidos (2020) indica que Ecuador ha adoptado estrategias particulares para adaptar las tácticas y tecnologías a las exigencias de Ecuador, aumentando la capacidad operativa al contexto local.

En resumidas cuentas, la evidencia contradice el contrargumento existente en lo que se refiere a si existen dificultades, al reafirmar que las operaciones multinacionales han mejorado considerablemente las capacidades de las unidades navales de Ecuador. La inversión en infraestructura, la reducción de la dependencia externa y la adaptación exitosa de los conocimientos y del alineamiento de tácticas son aseguramientos de que las operaciones multinacionales fortalecen la protección de la soberanía nacional y de la seguridad de las fronteras marítimas.

## 6. Conclusiones

La participación de las unidades navales de Ecuador en operaciones multinacionales ha demostrado ser crucial para la mejora de sus habilidades técnicas y operativas. Operaciones tales como Galapex, Unitas y Solidarex han permitido lograr el dominio de tácticas avanzadas de vigilancia, de patrullaje marítimo y respuesta a desastres naturales. Estas experiencias además han contribuido a la capacidad de operar en escenarios de alta complejidad, y mejorar la protección de la soberanía nacional. La incorporación de tecnología avanzada como el sistema ORIÓN, drones y satélites ha facilitado la integración de información en tiempo real, mejorar la calidad en la toma de las decisiones y aumentar la eficacia en el desarrollo de la operación multinacional. Así la formación continua y la incorporación de tecnología avanzada han hecho mejorar la capacidad para operar y consolidar la defensa nacional de las amenazas en el mar territorial ecuatoriano.

La integración del Ecuador en operaciones multinacionales ha tenido un impacto importante en relación con la protección de sus fronteras marítimas. Las prácticas adquiridas han permitido mejorar la vigilancia en zonas críticas para el país, como las Islas Galápagos, vigilando la conservación de los recursos marinos por la amenaza de la pesca ilegal. La colaboración adquirida en la operación Unitas ha permitido hacer frente a las amenazas del narcotráfico y el contrabando en el litoral ecuatoriano. Finalmente,

la tecnología avanzada en la intervención Solidarex ha permitido mejorar la reacción en emergencias que podrían afectar las infraestructuras de la costa. El mejoramiento de las capacidades tecnológicas y operativas ha permitido a Ecuador asumir cada vez más el papel que le corresponde en la defensa de su soberanía marítima y en el aseguramiento de la protección de sus aguas de jurisdicción nacional y la explotación de los bienes que de ellas se derivan en un espacio cada vez más enredado.

Las operativas multinacionales son también una forma de estrechar las relaciones diplomáticas de Ecuador con ciertos países, y en esta voluntad de fortalecer lazos, la creación de alianzas estratégicas favorables ha beneficiado a los mismos. Los ejercicios de las Operaciones Unitas y Galapex, por ejemplo, han permitido a Ecuador una aproximación diplomática a potencias como los Estados Unidos y Colombia, buscando mejorar en la cooperación de la seguridad marítima y crear un espacio de confianza. Los ejercicios ensayados en el ámbito de Solidarex, en tanto que misiones humanitarias han incrementado el prestigio del Ecuador ante la comunidad internacional y agradecidos a las actividades de la diplomacia de la ayuda humanitaria, la colaboración y la protección y asistencia de respuestas a desastres.

De esta manera, las operativas multinacionales también han ayudado a la construcción de la seguridad regional de sus países, pero han permitido estrechar las relaciones bilaterales, facilitando la cooperación y el acceso a recursos y tecnología que favorecen a Ecuador en el ámbito de la seguridad, la defensa y la cooperación internacional. La cooperación naval internacional ha sido determinante para el proceso de transferencia de tecnología y de conocimiento de tipo técnico a las fuerzas navales del Ecuador.

Participaciones en operaciones como Unitas, Galapex y Solidarex le han permitido al Ecuador actualizar y modernizar su capacidad operativa con el acceso a sistemas avanzados de vigilancia, comunicación y operativa. La adquisición de tecnología como drones, satélites y medios de respuesta a catástrofes ha permitido mejorar las operaciones de rescate y la protección del medio marino, logrando así la respuesta a las amenazas actuales. La evolución en la cooperación marítima y tecnológica seguirá propiciando el fortalecimiento de las capacidades de defensa y las alianzas con el fin de consolidar la ventaja en el mercado internacional, preparándolo a combatir frente a sus amenazas futuras.

La participación en operaciones multinacionales ha sido igualmente clave para que el Ecuador potencie su capacidad de reacción frente a amenazas transnacionales como el narcotráfico, la piratería y el contrabando. La colaboración en la operación Unitas ha permitido el fortalecimiento de la capacidad para interceptar rutas de tráfico de drogas, mientras que las tecnologías de última generación empleadas en Galapex y Orion V han facilitado la detección y desarticulación de redes criminales, permitiendo de esta forma la colaboración en la operación Solidarex, y otras actividades vinculadas, pasando así por una mejora en el contrabando y la trata de personas, incrementando así la seguridad en una región. En resumen, las operaciones multinacionales han proporcionado a Ecuador los medios necesarios para combatir eficazmente estas amenazas, fortaleciendo la seguridad tanto dentro como fuera de sus fronteras y demostrando su compromiso con la seguridad global.

## Referencias

- Armada de Ecuador. (2019). Informe de actividades de la Armada del Ecuador. Armada de Ecuador.
- Armada de Ecuador. (2020). Informe de participación en operaciones multinacionales. Armada de Ecuador.
- Armada del Ecuador. (2024). Dirección de Espacios Marítimos. Obtenido de CONCEPTO DE LAS OPERACIONES DEL EJERCICIO MULTINACIONAL GALAPEX III.
- ASTINAVE. (2017). Manual de Usuario Sistema de Gestión de Información y Los Recursos.
- Comando Sur de los Estados Unidos. (2020). Operación Solidarex: Informe de actividades. Comando Sur de los Estados Unidos.
- Comando Sur de los Estados Unidos. (2021). Informe anual de cooperación en operaciones multinacionales. Comando Sur de los Estados Unidos.
- Ecuador, A. d. (2024). Relatorio de eventos de Operación Galapex. Obtenido de Galapex.
- Fernández, R., & Salazar, T. (2021). Entrenamiento y capacidades operacionales en ejercicios navales internacionales: el caso de Galapex. *Revista de Ciencia Militar y Tecnología Naval*, 7(3), 39-53. <https://doi.org/10.2345/rcmtn.v7i3.2021>
- INFODEFENSA. (2020). Ecuador recibe a nueve armadas de todo el mundo en el Unitas 2020. Obtenido de <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3123999/ecuador-recibe-nueve-armadas-todo-mundo-unitas-2020>
- León, G., Enríquez, V., Salazar, F., Guallo, J., Urrutia, F., & Bueles, J. (2020). Implementación de un Sensor Electro-óptico en el Avión Twin Otter FAE para el Fortalecimiento de la Capacidad Estratégica de Vigilancia. *risti*, 1-12.
- Martínez, L., & Guevara, P. (2022). Cooperación naval y diplomacia marítima en América Latina: el impacto de los ejercicios multinacionales. *Revista de Estudios Estratégicos Navales*, 14(2), 55-72. <https://doi.org/10.1234/reesn.v14i2.2022>
- Ministerio de Defensa del Ecuador. (2020). Operación Galapex: Informe de resultados. Ministerio de Defensa del Ecuador.
- Ministerio de Defensa del Ecuador. (2021). Evaluación de la integración del sistema ORIÓN en operaciones multinacionales. Ministerio de Defensa del Ecuador.
- Ministerio de Defensa Nacional. (2017). Curso de Operadores Sistema de Gestión de la Información. Obtenido de Astinave.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2020). Protección de las Islas Galápagos: Resultados de las operaciones Galapex. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.
- Organización de Estados Americanos (OEA). (2020). Operación Orión V: Informe de actividades. OEA.

- Rodríguez, J. M. (2023). Operaciones navales conjuntas en Sudamérica: inteligencia compartida y amenazas no convencionales. *Revista Latinoamericana de Seguridad y De-fensa*, 11(1), 88-104. <https://doi.org/10.5678/rlsd.v11i1.2023>
- Sampieri, R., Collado, C., & Ortiz, D. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.
- Solidarex. (2021). *Expomarine Fase Ecuador*.
- Unión Europea. (2019). *Informe sobre la Operación Atalanta: Protección de rutas comerciales*. Unión Europea.

# STAR-Prompting: Sistema Estruturado de Prompts através do método STAR aplicados para a Defesa e Segurança

Clendson Domingos Gonçalves<sup>1</sup>, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça<sup>1</sup>,  
Edna Dias Canedo<sup>1</sup>, Robson de Oliveira Albuquerque<sup>1</sup>,  
Georges Daniel Amvame Nze<sup>1</sup>, Daniel Alves da Silva<sup>1</sup>

**clendson.goncalves@gmail.com; fabio.mendonca@redes.unb.br; ednacanedo@unb.br;  
robson@redes.unb.br; georges@unb.br; daniel.alves@redes.unb.br**

<sup>1</sup> Universidade de Brasília (PPEE/UnB), Brasília–DF, Brasil

**Pages: 200-212**

**Resumo:** O método STAR (Situação, Tarefa, Ação, Resultado) é originalmente usado na área de recursos humanos e oferece uma estrutura lógica para respostas em entrevistas comportamentais. Este estudo propõe o STAR-Prompting, uma técnica de engenharia de prompt baseada na lógica do método STAR, para interações com modelos de linguagem de grande escala (LLM), visando respostas mais confiáveis, especialmente em contextos de Defesa e Segurança. Os resultados comparam prompts em linguagem livre e prompts estruturados com o sistema proposto em quatro LLMs: Gemini Flash 2.0, Llama 3.3 70B, GPT-4o-mini e Claude 3.5 Sonnet. A análise mostra que o uso do STAR-Prompting melhora a qualidade das respostas e destaca seu potencial promissor para aprimorar a comunicação entre humanos e sistemas de IA, reduzindo a ocorrência de ambiguidades e elevando a qualidade das respostas geradas.

**Palavras-chave:** Método STAR, Engenharia de Prompt, Inteligência Artificial Conversacional, Defesa e Segurança, Comunicação Humano-IA

## ***STAR-Prompting: Structured Prompting System through the STAR method applied to Cyber Defense and Security***

**Abstract:** The STAR method (Situation, Task, Action, Result) is originally employed in the field of human resources and provides a logical framework for responses in behavioral interviews. This study proposes STAR-Prompting, a prompt engineering technique based on the STAR Method logic, for interactions with large language models (LLMs), aiming to generate more reliable responses, particularly in Defense and Security contexts. The results compare free-form prompts and structured prompts using the proposed system across four LLMs: Gemini Flash 2.0, Llama 3.3 70B, GPT-4o-mini, and Claude 3.5 Sonnet. The analysis demonstrates that STAR-Prompting improves the quality of responses and highlights its promising potential to enhance communication between humans and AI systems by reducing ambiguity and increasing the overall quality of generated outputs.

**Keywords:** STAR Method, Prompt Engineering, Conversational Artificial Intelligence, Defense and Security, Human-AI Communication.

## 1. Introdução

A engenharia de prompt é a prática de elaborar instruções claras e contextualizadas para sistemas de IA, visando garantir respostas mais precisas e alinhadas aos objetivos, especialmente em áreas críticas como Defesa e Segurança. Com a evolução dos modelos de linguagem, prompts bem estruturados tornaram-se essenciais para otimizar desempenho e confiabilidade. Evidências mostram que instruções detalhadas reduzem ambiguidades e melhoram a qualidade das respostas, especialmente em ambientes que exigem decisões rápidas e precisas.

O método STAR, originalmente usado para estruturar respostas em entrevistas, pode ser adaptado à engenharia de prompt como estratégia para melhorar a interação entre usuários e modelos de IA. Sua aplicação favorece respostas mais coerentes, rastreáveis e alinhadas às expectativas, ajudando a mitigar erros em contextos sensíveis.

Este estudo propõe o conceito de STAR-Prompting, analisando seus efeitos na qualidade das respostas e na construção de uma comunicação mais eficaz e segura com sistemas de IA. A proposta é especialmente relevante em cenários de alto risco, como Defesa e Segurança, onde clareza, objetividade e precisão são essenciais à confiabilidade das decisões automatizadas.

Os resultados obtidos indicam que a técnica STAR-Prompting apresenta desempenho superior em comparação aos prompts em linguagem livre, na geração de respostas mais claras, completas e alinhadas ao contexto solicitado. Ao aplicar o método em quatro LLMs, Gemini Flash 2.0, Llama 3.3 70B, GPT-4o-mini e Claude 3.5 Sonnet, observou-se uma melhoria consistente na qualidade das respostas geradas. Esses achados reforçam o potencial da abordagem proposta para aprimorar a comunicação entre humanos e sistemas de IA, com especial destaque para aplicações em Defesa e Segurança, onde a precisão e a confiabilidade das respostas são fundamentais.

Este estudo está organizado em seis seções principais. A Introdução apresenta o contexto, os objetivos e a relevância da pesquisa. O Referencial Teórico aborda o método STAR e os avanços em engenharia de prompt aplicada a LLMs. Trabalhos Relacionados reúne estudos sobre estruturação de prompts, avaliação de LLMs e aplicações em Segurança Cibernética, evidenciando lacunas que motivaram o STAR-Prompting. A Metodologia descreve a técnica proposta e o delineamento experimental. Resultados e Análises comparam prompts livres e estruturados em diferentes LLMs. Por fim, a Conclusão resume os achados, discute implicações e sugere pesquisas futuras.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1. LLM e Engenharia de Prompt

Os Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs) representam um dos avanços mais significativos da inteligência artificial, com capacidade de compreender, gerar e interpretar linguagem natural com fluidez e contextualização. Baseados em redes



neurais profundas e treinados com grandes volumes de dados textuais, esses modelos são aplicáveis a diversos domínios, incluindo setores estratégicos como Defesa e Segurança, exigindo uso ético e responsável.

Nesse contexto, a engenharia de prompt surge como uma técnica essencial para orientar o desempenho dos LLMs sem a necessidade de *fine-tuning*. Por meio da formulação cuidadosa de comandos textuais com contexto, exemplos e instruções específicas, busca-se maximizar a precisão e a relevância das respostas. Pequenas variações nos prompts podem impactar significativamente a qualidade dos resultados, tornando essa prática indispensável em aplicações sensíveis que exigem alta confiabilidade.

## 2.2. Método STAR

O método STAR é uma técnica estruturada amplamente usada em recursos humanos para organizar informações de forma lógica e coesa, especialmente em entrevistas. A sigla representa: Situação (contexto e desafios), Tarefa (objetivo ou responsabilidade), Ação (estratégias adotadas) e Resultado (impactos e aprendizados, de preferência com dados). Essa estrutura facilita a comunicação clara e objetiva de experiências, auxiliando na avaliação de competências e na argumentação profissional.

## 3. Trabalhos Relacionados

(Velásquez-Henao et al., 2023) demonstram que a clareza e organização das instruções afetam diretamente a qualidade das respostas de modelos como o *ChatGPT*. Prompts vagos, ambíguos ou com múltiplas instruções mal definidas podem gerar respostas imprecisas ou alucinações, bem como conteúdos inventados apresentados com aparente confiança (Lund et al., 2023). O estudo destaca os desafios na elaboração de prompts eficazes e reforça a importância da engenharia de prompt, apontando também oportunidades de avanço na área (Lo, 2023). A pesquisa propõe técnicas iterativas, como perguntas opostas e padrões específicos, para melhorar a precisão e a utilidade dos prompts.

(Schmidt et al., 2024) argumentam que a formulação de prompts deve seguir padrões reutilizáveis, semelhantes aos de engenharia de software, e não tentativas isoladas. O artigo apresenta padrões como *Flipped Interaction* (modelo conduz a conversa), *Reflection* (modelo explica suas respostas) e *Question Refinement* (refinamento de perguntas). Esses padrões visam aumentar a eficiência, reusabilidade e confiabilidade no uso de LLMs em sistemas complexos (Bang et al., 2023). Os autores concluem que a engenharia de prompt deve ser incorporada para garantir qualidade, transparência e sustentabilidade na adoção da IA generativa.

(Gonçalves et al., 2024), em estudo com 30 executivos *C-Level* de diversos setores no Brasil, revelam que, apesar do entusiasmo com a IA, ainda há barreiras significativas, como o desconhecimento sobre suas capacidades, limitações e implicações éticas (Al-Sulaiti et al., 2023). Essa lacuna compromete a formulação de prompts e a qualidade das interações com os sistemas, podendo levar à hesitação ou rejeição da tecnologia (Bach et al., 2022). Os autores reforçam a importância de capacitação técnica e estratégica para uma adoção eficaz e alinhada à realidade dos negócios.

(Bozkurt, 2024) identifica a engenharia de prompt como chave para liberar o potencial da IA generativa. A partir de uma análise da literatura, o autor argumenta que essa

prática exige criatividade, pensamento estratégico e compreensão das capacidades da IA, indo além da técnica. O estudo destaca ainda os aspectos éticos e os riscos envolvidos, propondo seu reconhecimento como uma competência multidisciplinar essencial para a alfabetização em IA e uma interação ética e eficaz com essas tecnologias.

(Moreira, G. M. B, 2025) em sua tese de doutorado, desenvolvida no Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, instituição vinculada à Força Aérea Brasileira - FAB, demonstrou a aplicação prática de LLMs na automação de tarefas críticas, como a elicitación de requisitos e geração de relatórios de segurança em sistemas aeroespaciais de defesa. O estudo evidenciou que a engenharia de prompt é crucial para a confiabilidade das respostas, sendo sua eficácia diretamente ligada à qualidade dos comandos e ao conhecimento técnico do operador. Isso reforça a necessidade de abordagens sistemáticas e capacitação especializada para o uso seguro dessas tecnologias em contextos sensíveis.

(Ahmed et al., 2025) mostram que a rápida evolução do *malware* impõe desafios à eficácia das defesas cibernéticas, especialmente aquelas baseadas em parâmetros estáticos. O estudo propõe o *framework* SPADE, que busca superar limitações dos LLMs, como respostas genéricas e ambiguidade, no contexto da dissuasão adaptativa (White et al., 2023). Avaliações em diferentes cenários de *malware* evidenciam o potencial da *GenAI* na automação de estratégias de segurança e destacam a engenharia de prompt como fator crítico para a aplicabilidade, relevância e facilidade de uso dessas soluções no mundo real.

(Shah, 2024) discute o uso crescente de LLMs na geração e análise de dados em pesquisas, alertando para os riscos à qualidade dos estudos. Embora haja esforços na elaboração de prompts, muitos priorizam resultados desejados em detrimento da reprodutibilidade e confiabilidade (Chen et al., 2023). Para enfrentar esse problema, o autor propõe uma metodologia baseada em métodos qualitativos, voltada à criação de prompts mais controlados, transparentes e replicáveis (Gómez-Rodríguez & Williams, 2023). Experimentos demonstram a aplicação prática da abordagem, reforçando a importância de maior rigor na utilização de LLMs na pesquisa científica.

(Jiang & Jiang, 2024) propõem um *framework* de tutoria personalizada com LLMs para o ensino de física no ensino médio. Em experimento com 12 alunos, observaram melhora na eficiência e profundidade da aprendizagem, especialmente em questões que exigem raciocínio abstrato. O modelo orienta os estudantes passo a passo, corrige erros e sugere revisões personalizadas, estruturando a interação em três etapas baseadas na lógica do método STAR. O estudo demonstra como a IA pode simular a atuação de um professor particular, promovendo uma aprendizagem mais eficaz.

(Alexander et al., 2024) em seu estudo, propõe um modelo de análise situacional para o transporte Público da América Latina, utilizando processo de mineração de redes sociais e dicionários de argumentos através de um algoritmo para leitura de blocos de comentários e obtenção de matrizes de sentimentos, que por meio da engenharia de prompt, explora as emoções dos usuários e fornece elementos valiosos para a tomada de decisões com base em suas experiências.

(Zhang & Zhang, 2025) realizam uma revisão sobre os diferentes tipos de alucinação em LLMs, com foco em modelos aumentados por recuperação, que combinam geração

de linguagem com busca de informações externas. Embora essa técnica vise reduzir alucinações, o estudo mostra que elas ainda ocorrem (Liu et al., 2024). Os autores destacam a engenharia de prompt como uma estratégia eficaz para mitigar esses erros, por meio de instruções claras, exemplos estruturados e reformulações. O artigo sugere ainda a combinação com técnicas de alinhamento semântico como caminho promissor para aumentar a precisão e a confiabilidade dos LLMs em aplicações críticas.

Como complemento das discussões que possuem como base os trabalhos relacionados, propomos o STAR-Prompting, que utiliza técnicas de engenharia de prompt para gerar entradas em LLMs adaptadas a ambientes personalizados de aprendizagem.

#### 4. Metodologia

O STAR-Prompting configura-se como uma abordagem inovadora de engenharia de prompt que adapta a lógica do método STAR (Situação, Tarefa, Ação, Resultado), tradicionalmente utilizado em entrevistas comportamentais, para a construção de interações mais estruturadas com modelos de linguagem de grande escala (LLMs). Sua principal contribuição reside na capacidade de organizar o raciocínio da IA em etapas lógicas e sequenciais, promovendo maior clareza e coerência nas respostas geradas. Essa estruturação permite reduzir ambiguidades, minimizar respostas genéricas e aumentar a aderência das respostas ao contexto técnico, especialmente em domínios sensíveis como Defesa e Segurança. Ao transformar uma técnica consagrada da área de Recursos Humanos em uma ferramenta aplicável à engenharia de prompts, o STAR-Prompting representa uma proposta original e promissora para o avanço da interação humano-IA.

Para avaliar a eficácia do método STAR-Prompting na formulação de prompts estruturados, realizamos experimentos utilizando quatro dos principais modelos de linguagem (LLMs) amplamente utilizados. Google: Gemini Flash 2.0, Meta: Llama 3.3 70B Instruct, GPT-4oOpenAI: GPT-4o-mini e Anthropic: Claude 3.5 Sonnet, foram executados em cenários relacionados à Defesa e Segurança.

Um algoritmo foi desenvolvido, denominado STAR-Prompting Converter, com o objetivo de realizar, de forma automatizada, tanto a engenharia de prompt quanto a execução dos prompts, nos formatos livre e estruturado através do STAR-Prompting, para os cenários definidos para este estudo, aplicando-os aos modelos de linguagem selecionados.

Para realizar a conexão com os modelos, foi escolhida a plataforma *OpenRouter*, que atua como um encaminhador, permitindo o acesso e a utilização dos LLMs selecionados para o estudo, provenientes de diferentes provedores, por meio de uma única interface de programação de aplicações (API), eliminando a necessidade de conexões diretas com cada fornecedor individual.

Durante a etapa de engenharia de prompt, o algoritmo treina o prompt utilizando uma instrução inicial padronizada, a qual estabelece o contexto, os critérios de resposta esperados e a estrutura a ser seguida, com o intuito de garantir consistência, reprodutibilidade e alinhamento metodológico na comparação dos resultados gerados:

## STAR-Prompting Converter v1.0.0

developed within the scope part of the paper: "STAR-Prompting: Sistema Estruturado de Prompts através do método STAR aplicados para a Defesa e Segurança"

☒ Google: Gemini Flash 2.0

☐ Meta: Llama 3.3 70B Instruct

☐ GPT-4oOpenAI: GPT-4o-mini

☐ Anthropic: Claude 3.5 Sonnet

"Você é um especialista em engenharia de prompts e sua função é transformar perguntas simples em instruções estruturadas no formato STAR - Situação, Tarefa, Ação, Resultado, mas apresentadas de forma contínua em um único parágrafo. Certifique-se de preservar o contexto original e garantir que a reformulação seja clara, objetiva e bem organizada. Reescreva o seguinte prompt de maneira estruturada, utilizando o método STAR sem mencionar explicitamente seus títulos. Formule o texto começando com 'Você é...' para estabelecer a situação, seguido de 'Você precisa...' para detalhar a tarefa, 'Faça...' para descrever a ação necessária e finalize com 'Como resultado, quero...' para especificar o resultado desejado. Aqui está o prompt original: \$prompt. Retorne apenas o prompt reformulado, sem explicações adicionais."

Write your prompts here, one per line...

Process

Figura 1 – STAR-Prompting Converter

| Idioma | Instrução                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PT-BR  | “Você é um especialista em engenharia de prompts e sua função é transformar perguntas simples em instruções estruturadas no formato STAR (Situação, Tarefa, Ação, Resultado), mas apresentadas de forma contínua em um único parágrafo. Certifique-se de preservar o contexto original e garantir que a reformulação seja clara, objetiva e bem organizada. Reescreva o seguinte prompt de maneira estruturada, utilizando o método STAR sem mencionar explicitamente seus títulos. Formule o texto começando com ‘Você é...’ para estabelecer a situação, seguido de ‘Você precisa...’ para detalhar a tarefa, ‘Faça...’ para descrever a ação necessária e finalize com ‘Como resultado, quero...’ para especificar o resultado esperado. Aqui está o prompt original:\n\${prompt}. Retorne apenas o prompt reformulado, sem explicações adicionais.” |

Tabela 1 – Instrução Inicial Padronizada

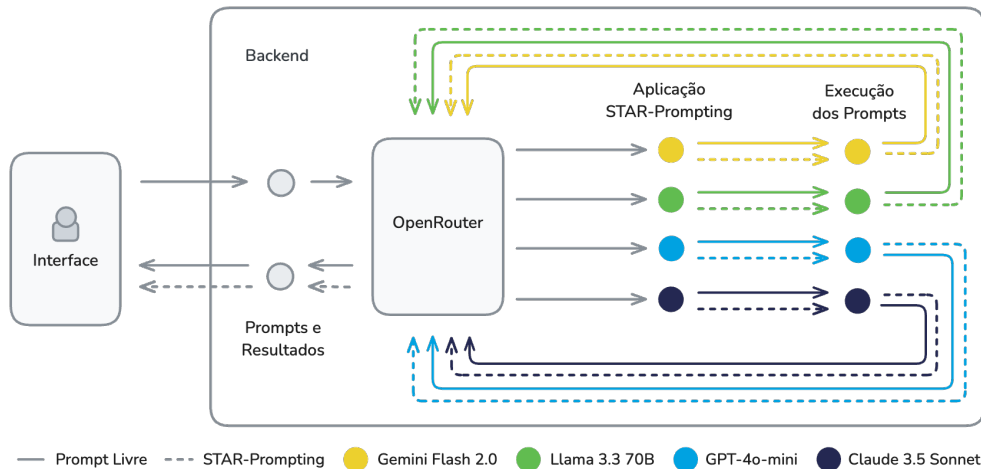


Figura 2 – STAR-Prompting Converter – Fluxo de Dados

O fluxo de dados mostra:

1. O usuário insere os prompts e seleciona os modelos na interface;
2. O *backend* processa as requisições e as encaminha para o *OpenRouter*;
3. O *OpenRouter* se comunica com os modelos selecionados de IA;
4. Os prompts são reestruturados por cada um dos LLM selecionados;
5. Ambos, prompts livres e estruturados são executados;
6. As respostas retornam pelo mesmo caminho e a interface é atualizada com os resultados.

O código-fonte utilizado na construção do algoritmo utilizado neste estudo, encontra-se disponível publicamente, podendo ser acessado diretamente para fins acadêmicos e não comerciais, sem a necessidade de solicitação prévia. Este material está acessível na seção Declaração de Disponibilidade de Dados.

## 5. Resultados e Análises

A seguir, apresentamos uma síntese dos principais achados deste estudo, com o propósito de proporcionar uma visão clara, objetiva e estruturada dos resultados obtidos ao longo dos experimentos realizados.

### 5.1. Cenários

Cenário 1 (CN1) – Prompt livre sem interferência: Neste cenário, o modelo de linguagem recebe um comando em linguagem natural de forma totalmente livre, sem estruturação prévia ou aplicação de técnicas de engenharia de prompt. Não há intervenção de sistemas auxiliares, filtros ou reformulações, permitindo que o modelo processe a solicitação de forma espontânea, com base exclusivamente em seus dados de treinamento e em suas capacidades linguísticas intrínsecas. O objetivo desta abordagem é observar o

comportamento natural do modelo, identificando como ele interpreta, organiza e responde ao comando sem orientações explícitas que possam direcionar ou influenciar o conteúdo gerado.

Cenário 2 (CN2) – Prompt estruturado pelo STAR-Prompting: Neste segundo cenário, aplica-se um sistema estruturado que interfere diretamente na geração da resposta por meio da técnica STAR-Prompting. Essa intervenção envolve a reorganização ou reinterpretação do comando original, estruturando-o de acordo com as quatro dimensões fundamentais do método STAR: Situação, Tarefa, Ação e Resultado. Ao orientar o modelo por essa sequência lógica, busca-se promover uma construção de resposta mais clara, coesa e alinhada ao contexto da solicitação. Essa mediação estratégica tem como objetivo reduzir ambiguidades, evitar respostas genéricas e ampliar a precisão e a utilidade do conteúdo gerado, especialmente em domínios que exigem alto grau de confiabilidade.

Optou-se pela realização de uma prova de conceito com base em três prompts livres, elaborados de forma intencionalmente minimalista e voltados aos domínios de Defesa e Segurança. Essa escolha buscou preservar a espontaneidade da geração textual dos modelos, permitindo avaliar sua capacidade de interpretação e resposta diante de instruções sucintas e pouco estruturadas. Embora o algoritmo desenvolvido tenha potencial para processar um número significativamente maior de entradas, a utilização de apenas três prompts neste estágio experimental possibilitou validar a viabilidade da técnica proposta com maior controle sobre as variáveis envolvidas. Essa decisão também favoreceu a manutenção da clareza metodológica e da coerência analítica, assegurando que os resultados apresentados fossem interpretados de maneira precisa e fundamentada.

| ID  | Formato                                                         |
|-----|-----------------------------------------------------------------|
| PL1 | Como proteger redes militares contra ataques cibernéticos?      |
| PL2 | Quem decide as estratégias pra defender o espaço aéreo?         |
| PL3 | É possível usar inteligência artificial em sistemas de combate? |

Tabela 2 – Prompts livres elaborados.

5.2. R1: Como proteger redes militares contra ataques cibernéticos?

Os resultados apresentados neste artigo concentram-se exclusivamente no Prompt Livre 1 (PL1), escolhido como estudo de caso representativo por sua relevância e capacidade de ilustrar, de forma clara, os efeitos da aplicação da técnica STAR-Prompting. A seleção do PL1 permite evidenciar com maior profundidade as diferenças qualitativas entre os formatos de prompt analisados, sem comprometer a objetividade do estudo. Para leitores interessados em uma exploração mais ampla e comparativa sobre os PL2 e PL3, recomenda-se a consulta aos dados completos disponibilizados nos arquivos complementares, os quais abrangem os demais cenários testados, permitindo uma

compreensão mais abrangente dos experimentos conduzidos, das respostas geradas e das evidências empíricas coletadas. Esses materiais estão acessíveis na seção Declaração de Disponibilidade de Dados, e oferecem suporte adicional à análise e à reprodutibilidade da pesquisa.

| LLM                                | Conversão do PL1 através do STAR-Prompting                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Google:<br>Gemini<br>Flash 2.0     | Você é um especialista em segurança cibernética militar, responsável por garantir a integridade e a disponibilidade das redes de comunicação críticas; você precisa desenvolver e implementar uma estratégia abrangente para proteger essas redes contra ataques cibernéticos sofisticados, considerando as vulnerabilidades existentes e as ameaças emergentes; faça uma análise detalhada das possíveis brechas de segurança, implemente firewalls avançados, sistemas de detecção de intrusão e protocolos de criptografia robustos, juntamente com treinamentos regulares para conscientizar os usuários sobre as melhores práticas de segurança e simulações de ataques para testar a eficácia das defesas; como resultado, quero um plano de ação detalhado que minimize significativamente o risco de invasões, proteja informações confidenciais e assegure a continuidade das operações militares em face de adversidades cibernéticas. |
| Anthropic:<br>Claude 3.5<br>Sonnet | Você é um especialista em cibersegurança militar com vasta experiência em proteção de infraestruturas críticas de defesa que enfrenta ameaças cibernéticas cada vez mais sofisticadas. Você precisa desenvolver uma estratégia abrangente para fortalecer a segurança das redes militares contra ataques cibernéticos avançados e persistentes. Faça uma análise detalhada das vulnerabilidades existentes, implemente protocolos de segurança multicamada, estabeleça sistemas de detecção de intrusão em tempo real e desenvolva procedimentos de resposta a incidentes. Como resultado, quero um plano de defesa cibernética robusto que garanta a integridade, confidencialidade e disponibilidade das redes militares, incluindo medidas preventivas, protocolos de monitoramento contínuo e procedimentos de recuperação pós-incidente.                                                                                                    |
| GPT-4oOpenAI:<br>GPT-4o-mini       | Você é um especialista em segurança cibernética encarregado de desenvolver estratégias para proteger redes militares contra ataques cibernéticos. Você precisa avaliar as vulnerabilidades atuais e implementar medidas de segurança robustas que possam prevenir intrusões. Faça uma análise detalhada das ameaças potenciais e elabore um plano de ação que inclua a formação de equipes de resposta a incidentes e a atualização constante das defesas tecnológicas. Como resultado, quero que as redes militares estejam significativamente mais seguras e resilientes contra ataques, garantindo a integridade das informações e a continuidade das operações.                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Meta: Llama<br>3.3 70B<br>Instruct | Você é um especialista em segurança cibernética responsável por proteger redes militares de alta sensibilidade contra ameaças virtuais, onde a confidencialidade e integridade dos dados são primordiais. Você precisa desenvolver estratégias eficazes para antecipar, detectar e neutralizar ataques cibernéticos avançados, garantindo a segurança e a continuidade operacional das redes. Faça uma análise detalhada das vulnerabilidades existentes, implemente firewalls, criptografia de ponta a ponta, autenticação de dois fatores e realize atualizações de software regularmente, além de treinar os usuários sobre boas práticas de segurança cibernética. Como resultado, quero uma rede militar segura, resiliente e capaz de repelir ataques cibernéticos, protegendo informações críticas e mantendo a soberania cibernética.                                                                                                    |

Tabela 3 – Resultado da Aplicação do STAR-Prompting para a conversão do PL1.  
PL1: “Como proteger redes militares contra ataques cibernéticos?”



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Google: Gemini Flash 2.0</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Tipo Prompt: Qualidade da Resposta</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Livre (CN1): A resposta apresenta uma abordagem clara para proteção de redes, abordando arquitetura, endpoints, aplicações, treinamento e resposta a incidentes. Embora esteja alinhada às boas práticas de cibersegurança, falta especificidade ao contexto militar, tornando as recomendações genéricas e aplicáveis a redes corporativas ou governamentais em geral.                                                                                                      |
| STAR-Prompting (CN2): A resposta estruturada oferece um plano de ação detalhado dividido em fases, com objetivos claros e passos técnicos bem definidos. Há ênfase em avaliação de vulnerabilidades, defesas multicamadas e inteligência de ameaças. A estrutura confere lógica e progressão ao conteúdo, e o vocabulário se alinha ao domínio militar e de segurança. O texto é mais técnico e estratégico, com foco operacional, apresentando maior aderência ao contexto. |
| <b>Anthropic: Claude 3.5 Sonnet</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Tipo Prompt: Qualidade da Resposta</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Livre (CN1): A resposta livre lista práticas básicas (segmentação, criptografia, redundância), mas de forma resumida e sem aprofundamento técnico. A falta de contextualização específica e a ausência de uma estrutura argumentativa limitam a utilidade da resposta.                                                                                                                                                                                                       |
| STAR-Prompting (CN2): A versão estruturada aborda o tema com mais tato e ética, sugerindo práticas como atualizações e monitoramento. No entanto, mantém um tom evasivo e superficial, o que pode indicar limitação no modelo ao lidar com temas sensíveis, a resposta deixa a desejar em termos de profundidade e aplicabilidade prática.                                                                                                                                   |
| <b>GPT-4oOpenAI: GPT-4o-mini</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Tipo Prompt: Qualidade da Resposta</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Livre (CN1): O LLM respondeu em espanhol a uma pergunta formulada em português (PT-BR), demonstrando um erro de forma ou interpretação de contexto. Embora a resposta seja rica e aborde de forma organizada aspectos relevantes da segurança cibernética, como cadeia de suprimentos, colaboração internacional e uso de IA, a necessidade de tradução comprometeu significativamente a qualidade e usabilidade imediata do resultado.                                      |
| STAR-Prompting (CN2): A resposta é completa e bem estruturada, abordando análise de ameaças, plano de ação, tecnologias, resposta a incidentes e treinamento. Com linguagem técnica e abordagem realista, é a mais coerente e aderente ao contexto militar entre as analisadas.                                                                                                                                                                                              |
| <b>Meta: Llama 3.3 70B Instruct</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Tipo Prompt: Qualidade da Resposta</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Livre (CN1): A resposta cobre práticas relevantes (defesa em profundidade, criptografia, segmentação), mas com uma abordagem padronizada e sem aprofundamento técnico. Os tópicos são descritos de forma genérica, com explicações corretas, mas sem conexão direta com desafios específicos de redes militares.                                                                                                                                                             |
| STAR-Prompting (CN2): A resposta estruturada demonstra maior detalhamento em vulnerabilidades, implementação de firewalls, VPNs, autenticação, treinamento e testes de penetração. Há boa organização e progressão lógica, e o conteúdo é mais técnico e direcionado, representando uma melhoria significativa em relação ao prompt livre, com maior alinhamento às demandas do cenário militar.                                                                             |

Tabela 4 – Resumo da Execução dos Prompts livre e STAR-Prompting para PL1.  
PL1: “Como proteger redes militares contra ataques cibernéticos?”

5.3. Discussões

As respostas do PL1 foram comparadas sistematicamente para identificar diferenças entre o prompt livre e o STAR-Prompting, com base em três métricas principais:

clareza, relevância e consistência. A análise buscou evidenciar o impacto estrutural de cada abordagem na qualidade e efetividade das respostas geradas. Apesar da estrutura convincente, respostas de LLMs podem conter imprecisões, exigindo análise especializada para evitar que usuários leigos aceitem informações incorretas como verdadeiras. Tal limitação destaca a importância da mediação crítica e especializada na interpretação dos resultados gerados por IA.

Os achados mostraram que prompts estruturados com STAR-Prompting geraram respostas mais detalhadas e contextualmente ricas. A divisão em Situação, Tarefa, Ação e Resultado ajudou o modelo a compreender melhor o contexto e alinhar a resposta às expectativas do usuário. Entre os principais benefícios observados estão: melhor contextualização, objetivos mais definidos, direcionamento mais preciso e resultados mais eficazes, com maior clareza sobre os critérios de sucesso esperados. Apesar de nenhum dos casos ter apresentado alucinação, os prompts sem a estruturação do STAR-Prompting frequentemente resultaram em respostas mais genéricas, sem o nível de especificidade desejado. Os achados sugerem que o STAR-Prompting oferece uma base sólida para guiar a IA em direção a respostas mais precisas e alinhadas às expectativas do contexto de Defesa e Segurança.

## 6. Conclusões e Trabalhos Futuros

A incorporação do STAR-Prompting à prática da engenharia de prompt revelou-se uma estratégia eficaz no aprimoramento da qualidade das respostas geradas por LLMs. Ao promover uma estruturação lógica, clara e orientada à finalidade do prompt, o método contribui significativamente para a geração de respostas mais precisas, contextualizadas e semanticamente relevantes. Os resultados obtidos demonstram que estratégias narrativas estruturadas, originalmente concebidas para uso em contextos humanos, como entrevistas comportamentais, podem ser adaptadas com êxito para qualificar a interação com sistemas baseados em LLMs. Tal constatação reforça a potencialidade da engenharia de prompt como uma disciplina técnica e metodológica, cuja sofisticação impacta diretamente na confiabilidade e eficácia das aplicações de IA.

No que se refere ao uso de IA em redes no contexto de Defesa e Segurança baseada em infraestrutura crítica, é importante levar em consideração o treinamento dos modelos e as fontes de dados, logo o uso de engenharia de prompt deve ser observado e o uso de modelos convencionais deve ser usado com cautela e observando limitações, dadas as características de segurança que normalmente são exigidas em redes de Defesa.

Trabalhos futuros podem ampliar os cenários testados, diversificar os modelos avaliados e integrar métricas automatizadas para avaliação qualitativa e quantitativa das respostas. Parcerias entre academia, setor público e instituições de segurança podem contribuir para o desenvolvimento de boas práticas e *frameworks* para o uso ético, transparente e eficaz da IA.

## Declaração de disponibilidade de Dados

Os dados que sustentam as descobertas deste estudo, estão disponíveis publicamente no Zenodo através do link: <https://zenodo.org/records/15109614>.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Laboratório LATITUDE, da Universidade de Brasília, ao TED 01/2021 da Secretaria Nacional de Assistência Social – SNAS/DGSUAS/CGRS, ao TED 01/2021 da Procuradoria Geral da Fazenda Nacional – PGFN, ao Projeto SISTER City (Outorga 625/2022 – FAP/DF), ao Projeto SISPRO-DF” (Outorga 497/2023 – FAP/DF), ao Projeto “Pesquisa, Desenvolvimento e Aplicação – Metodologia para Apoiar a Elicitação de Requisitos Éticos e de Privacidade” (Outorga 514/2023), ao Decanato de Pesquisa e Inovação – DPI/UnB e a FAP/DF.

## Referências

- Ahmed, S., Rahman, A. B. M. M., Alam, M. M., & Sajid, M. S. I. (2025). SPADE: Enhancing Adaptive Cyber Deception Strategies with Generative AI and Structured Prompt Engineering. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2501.00940>
- Al-Sulaiti, G., Sadeghi, M. A., Chauhan, L., Lucas, J., Chawla, S., & Elmagarmid, A. (2023). A pragmatic perspective on AI transparency at workplace. *AI And Ethics*, 4(2), 189–200. <https://doi.org/10.1007/s43681-023-00257-w>
- Alexander, M. V. R., Omar, R. C., Ernesto, B. C. G., & Hugo, R. O. V. (2024). Modelo con Minería de Texto y Diccionarios de Sentimientos en Redes Sociales: Transporte público América Latina. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E73), 133-150.
- Bach, T. A., Khan, A., Hallock, H., Beltrão, G., & Sousa, S. (2022). A Systematic Literature Review of User Trust in AI-Enabled Systems: An HCI Perspective. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 40(5), 1251–1266. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2138826>
- Bang, Y., Cahyawijaya, S., Lee, N., Dai, W., Su, D., Wilie, B., Lovenia, H., Ji, Z., Yu, T., Chung, W., Do, Q., V., Xu, Y., & Fung, P. (2023). A multitask, multilingual, multimodal evaluation of ChatGPT on reasoning, hallucination, and interactivity. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2302.04023>
- Bozkurt, A. (2024). Tell me your prompts and I will make them true: the alchemy of prompt engineering and generative AI. *Open Praxis*, 16(2), 111–118. <https://doi.org/10.55982/openpraxis.16.2.661>
- Chen, B., Yi, F., & Varró, D. (2023). Prompting or fine-tuning? A comparative study of large language models for taxonomy construction. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2309.01715>
- Jiang, Z., & Jiang, M. (2024). Beyond answers: large Language Model-Powered tutoring system in Physics education for deep learning and precise understanding. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2406.10934>
- Gómez-Rodríguez, C., & Williams, P. (2023). A Confederacy of Models: a Comprehensive Evaluation of LLMs on Creative Writing. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2310.08433>

- Gonçalves, C. D., De Paoli Menescal, E., De Mendonça, F. L. L., & Canedo, E. D. (2024). Trust in AI: Perspectives of C-Level executives in Brazilian organizations. SBQS '24: Proceedings of the XXIII Brazilian Symposium on Software Quality, 147–157. <https://doi.org/10.1145/3701625.3701654>
- Liu, H., Xue, W., Chen, Y., Chen, D., Zhao, X., Wang, K., Hou, L., Li, R., & Peng, W. (2024). A survey on Hallucination in Large Vision-Language models. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2402.00253>
- Lo, L. S. (2023). The Art and Science of Prompt Engineering: A New Literacy in the Information Age. *Internet Reference Services Quarterly*, 27(4), 203–210. <https://doi.org/10.1080/10875301.2023.2227621>
- Lund, B. D., Wang, T., Mannuru, N. R., Nie, B., Shimray, S., & Wang, Z. (2023). ChatGPT and a new academic reality: Artificial Intelligence-written research papers and the ethics of the large language models in scholarly publishing. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 74(5), 570–581. <https://doi.org/10.1002/asi.24750>
- Moreira, G. M. B. (2025). Use of large language models to support aerospace defense systems engineering. [Doctoral Thesis in Aeronautical and Mechanical Engineering, Instituto Tecnológico de Aeronáutica]. [https://www.researchgate.net/publication/389705404\\_USE\\_OF\\_LARGE\\_LANGUAGE\\_MODELS\\_TO\\_SUPPORT\\_AEROSPACE\\_DEFENSE\\_SYSTEMS\\_ENGINEERING](https://www.researchgate.net/publication/389705404_USE_OF_LARGE_LANGUAGE_MODELS_TO_SUPPORT_AEROSPACE_DEFENSE_SYSTEMS_ENGINEERING)
- Shah, C. (2024). From prompt engineering to prompt science with human in the loop. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2401.04122>
- Schmidt, D. C., Spencer-Smith, J., Fu, Q., & White, J. (2024). Towards a catalog of prompt patterns to enhance the discipline of prompt engineering. *ACM SIGAda Ada Letters*, 43(2), 43–51. <https://doi.org/10.1145/3672359.3672364>
- Velásquez-Henao, J. D., Franco-Cardona, C. J., & Cadavid-Higuaita, L. (2023a). Prompt Engineering: a methodology for optimizing interactions with AI-Language Models in the field of engineering. *DYNA*, 90(230), 9–17. <https://doi.org/10.15446/dyna.v90n230.111700>
- White, J., Fu, Q., Hays, S., Sandborn, M., Olea, C., Gilbert, H., Elnashar, A., Spencer-Smith, J., & Schmidt, D. C. (2023). A Prompt Pattern Catalog to Enhance Prompt Engineering with ChatGPT. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2302.11382>
- Zhang, W., & Zhang, J. (2025). Hallucination Mitigation for Retrieval-Augmented Large Language Models: A Review. *Mathematics*, 13(5), 856. <https://doi.org/10.3390/math13050856>

# Modelos matemáticos para la gestión de inventarios basados en ecuaciones diferenciales: revisión teórica y su aplicación en almacenamiento de material aeronáutico

Margarita del Rocío Palma Samaniego<sup>1</sup>[0000-0003-4622-394X],

Flor Emperatriz Garcés Mancero<sup>2</sup>[0009-0003-3057-8268],

Jacqueline del Pilar López Miranda<sup>3</sup>[0009-0006-7549-8765],

Fernanda Elizabeth Sánchez Cuadrado<sup>4</sup>[0009-0006-1668-5579]

mdpalma3@espe.edu.ec; fegarcés@espe.edu.ec; jplopez15@espe.edu.ec;  
fesánchez2@espe.edu.ec

<sup>1</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Seguridad y Defensa, Sangolquí, Ecuador

<sup>2</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Seguridad y Defensa, Sede Latacunga, Ecuador

<sup>3</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Seguridad y Defensa, Sede Latacunga, Ecuador

<sup>4</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Seguridad y Defensa, Sede Latacunga, Ecuador

**Pages: 213-227**

**Resumen:** Este trabajo de investigación sistematiza los modelos matemáticos para gestión de inventarios que están basados en ecuaciones diferenciales, puesto que se hace énfasis en la aplicación que tiene en centros de almacenamiento de materiales aeronáuticos. Se elabora una revisión y clasificación de la literatura, donde se identificaron las principales características de los modelos en diversos sectores industriales. Por otro lado se analiza el potencial que tiene para adaptarse al ámbito aeronáutico, en donde se considera que la gestión de inventarios es relevante porque garantiza la operatividad y seguridad. Los resultados muestran que existe un vacío importante desde el punto de vista conceptual, en donde se puede mencionar que genera la necesidad de generar propuestas orientadas al contexto particular, además permiten sentar las bases para futuras propuestas de aplicación y estudios cuantitativos que consideren estos modelos con datos reales del sector de la industria aeronáutica.

**Palabras-clave:** gestión, inventarios, modelos matemáticos, ecuaciones diferenciales.

***Mathematical models for inventory management based on differential equations: theoretical review and application in aeronautical material storage***

**Abstract:** This research systematizes mathematical models for inventory management based on differential equations, emphasizing their application in aeronautical materials storage centers. A review and classification of the literature is conducted, identifying the main characteristics of these models in various industrial sectors. Furthermore, the potential for adaptation to the aeronautical sector is analyzed, where inventory management is considered relevant because it guarantees operability and safety. The results show a significant conceptual gap, which generates a need to generate proposals tailored to the specific context. This also paves the way for future application proposals and quantitative studies that consider these models with real-world data from the aeronautical industry.

**Keywords:** management, inventories, mathematical models, differential equations.

## 1. Introducción

En el ámbito aeronáutico en Ecuador, la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE) tiene su base aérea en la ciudad de Salinas en la cual funciona el Escuadrón de Mantenimiento de Sistemas Aeronáuticos ESMA, siendo ésta una de las principales instalaciones militares del país encargada del mantenimiento y operación de las aeronaves de la FAE. Su principal función es garantizar la operatividad de las aeronaves por medio de las inspecciones, reparaciones y reemplazo de partes y repuestos, de acuerdo a los exigentes protocolos de seguridad y normativas internacionales. El Escuadrón de Mantenimiento de Sistemas Aeronáuticos ESMA tiene la responsabilidad de contar con aeronaves disponibles para los tripulantes, a través actividades logísticas y de mantenimiento eficaces y de manera oportuna mediante una adecuada gestión de inventarios de repuestos realizada por el Centro de almacenamiento de material aeronáutico, asegurando la disponibilidad de componentes críticos para evitar interrupciones en las misiones aéreas.

Es importante realizar una revisión literaria de las estrategias aplicadas en otros ámbitos, identificando los resultados relevantes a nivel internacional, nacional y local. Por lo que se puede mencionar que en cuanto a estrategias se destaca lo siguiente: Llevar un control de inventario adecuado es parte fundamental dentro de las empresas, puesto que se puede tomar decisiones relacionadas con la cantidad de ítems almacenados, la cantidad de re orden y de esta manera se garantiza la satisfacción de sus demandantes (Reina, 2024)

Por otro lado, el objetivo de la presente investigación consiste en sistematizar los modelos matemáticos basados en ecuaciones diferenciales aplicados a la gestión de inventarios, mediante la identificación de enfoques teóricos relevantes para la aplicación en la mejora continua de los procesos de almacenamiento de material aeronáutico. Para cumplir con el objetivo general se plantearon los siguientes objetivos específicos: realizar una revisión y clasificación de la literatura científica existente sobre modelos matemáticos de gestión de inventarios que utilizan ecuaciones diferenciales. La descripción de las principales características, supuestos y alcances de los modelos de inventarios que están formulados con ecuaciones diferenciales y son utilizados en los distintos sectores industriales. Además, se analiza el grado de aplicabilidad y adaptación de los modelos matemáticos en el contexto de almacenamiento de material aeronáutico. Finalmente se

identificaron aquellos vacíos conceptuales y las mejoras en el modelamiento matemático de gestión de inventarios en centros de almacenamiento de material aeronáutico para orientar a futuras investigaciones y propuestas aplicadas.

## **2. Metodología**

La investigación tuvo un enfoque mixto cualitativo – cuantitativo. Se recopiló información y datos del Centro de almacenamiento de material aeronáutico en el Escuadrón Mantenimiento Sistemas Aeronáuticos de la ESMA aplicando herramientas como observación, entrevistas mediante una guía de entrevistas con la finalidad de realizar un diagnóstico de la situación actual de cómo se maneja el inventario de partes y repuestos. Se adoptó una modalidad de investigación de campo puesto que se realizaron visitas al Escuadrón Mantenimiento Sistemas Aeronáuticos de la ESMA para recolectar datos en el entorno real.

Además se realizaron de manera inicial dos tipos de investigación, que son la investigación exploratoria y descriptiva; de tipo exploratoria porque se hace referencia a una identificación profunda sobre modelos de gestión de inventarios que utilizan ecuaciones diferenciales dado que han sido poco estudiados debido a su complejidad y además de los datos reales obtenidos del Centro de almacenamiento de material aeronáutico del Escuadrón Mantenimiento Sistemas Aeronáuticos de la ESMA con lo que se llega a una identificación del problema. Mientras que es de tipo descriptiva puesto que se realizó el levantamiento de información que será sometido a análisis con el objetivo de identificar las características del problema dentro del centro de almacenamiento de material aeronáutico. Por otro lado, se aplicó la observación directa que permitió levantar la información sobre las variables operativas del Centro de almacenamiento de material aeronáutico, tales como el nivel de inventario, tiempo de reabastecimiento y frecuencia de pedidos urgentes, con la ayuda de una guía estructurada que está basada en los indicadores claves de gestión (Chopra, 2019).

## **3. Revisión de literatura**

### **3.1. Inventarios**

García & San Andrés-Laz (2021) expresan que el inventario es considerado como un activo y se define como el volumen del material disponible en un almacén: insumos, producto elaborado o producto semielaborado.

### **3.2. Inventario de Repuestos de Mantenimiento**

EasyMaint (2025) expresa que el inventario de repuestos de mantenimiento se refiere al conjunto de piezas, componentes y materiales que la compañía está almacenando para usar en el mantenimiento de equipos y maquinaria. La gestión de estos inventarios significa garantizar que hay suficientes repuestos disponibles para satisfacer las necesidades de mantenimiento preventivo y correctivo sin acumular existencias en exceso, que incluyen problemas innecesarios de costos o almacenamiento.



### 3.3. Gestión de inventarios

Sánchez-Suárez, et al., (2023), al mencionar la gestión de inventarios se refiere a un conjunto de elementos operacionales que suponen una relación bajo la concepción sistemática, teniendo como objetivo lograr costos mínimos y dar satisfacción a las necesidades y expectativas de los clientes. La gestión de inventarios es importante porque permite la eficiencia operativa y la rentabilidad en diversas industrias (Núñez-Oviedo & Tarazona-Torres, 2024).

### 3.4. Estrategias de gestión de inventarios

Borbor y López (2024) en la revisión de literatura sobre estrategias de gestión de inventarios proponen estrategias fundamentadas en la implementación de métodos de administración convencionales en la sistematización contable. Identificando una preponderancia de los métodos ABC y de la cantidad económica de pedido entre las más utilizadas por las empresas.

Al considerar que la comunicación juega un papel importante que amplifica los resultados en el control de inventario y al ser estos modelos estaticos que no suelen reconocer este factor de relevancia, mas allá de definir un modelo de gestión económica de las existencias, es importante que los departamentos involucrados en los procesos logísticos cuenten con alternativas de vías de comunicación que sean eficientes y estén fundamentadas en información contable confiable (Borbor & López, 2024).

### 3.5. Mantenimiento aeronáutico y gestión de repuestos

El mantenimiento aeronáutico es un campo crucial en la aviación que asegura el funcionamiento y la protección de las aeronaves. De acuerdo con TMAS (2022), este mantenimiento incluye varias actividades llevadas a cabo por técnicos expertos, que incluyen revisiones regulares y reparaciones tanto en línea como en hangares, en función de elementos como la localización de la aeronave y su duración de servicio. Estas tareas se categorizan en diversos grados de complejidad, desde inspecciones cotidianas hasta revisiones de mayor envergadura, garantizando que las aeronaves se ajusten a los criterios de seguridad y desempeño fijados por las autoridades aeronáuticas.

### 3.6. Modelos matemáticos para la gestión de inventarios

Los modelos matemáticos para la gestión de inventarios son instrumentos cruciales que posibilitan a las entidades mejorar la disponibilidad de productos y reducir los gastos relacionados con el almacenaje y suministro.

Oliveira et al., (2018), menciona que es esencial emplear técnicas matemáticas y estadísticas en la gestión de inventarios para prevenir costos altos en el producto final y dificultades en la cadena productiva. En la gestión de inventarios, los modelos matemáticos se clasifican principalmente en deterministas y probabilísticos, dependiendo de la certeza o incertidumbre relacionada con la demanda y otros factores relevantes:

### 3.6.1. Modelo determinista:

En este tipo de modelo la demanda es constante y conocida en el tiempo, ya que se conoce en todo momento el tipo de demanda que exigen los clientes. Se utilizan en contextos en los que la demanda es constante y prevista (Meana, 2024).

### 3.6.2. Modelo probabilístico:

Estos modelos se aplican cuando existen incertidumbres en la demanda y otros factores, y se detallan a través de distribuciones probabilísticas. Son útiles en contextos donde la demanda es fluctuante e incierto (Mecalux, 2023). Los principales modelos de gestión de inventarios según la certeza o incertidumbre se detallan a continuación:

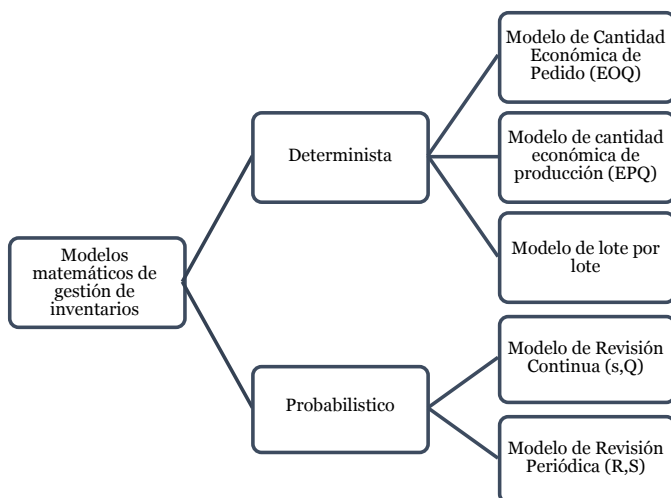


Figura 1 – Principales modelos de gestión de inventarios

Como se observa en la Figura 1 existen varios modelos de inventario, cada uno ideado para tratar distintas circunstancias y contextos de negocio. A continuación, se detallan los atributos de los modelos más habituales:

### 3.6.3. Modelo de cantidad económica de pedido (EOQ):

El modelo de cantidad económica de pedido (EOQ, por sus siglas en inglés de Economic Order Quantity) es un método empleado para establecer el número ideal de productos que una empresa debe adquirir cada vez que realiza un pedido al proveedor. La fórmula del modelo EOQ es la siguiente:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}} \quad (1)$$

Donde:

Q: Cantidad óptima de pedido, D: Demanda anual del producto, S: Costo de realizar cada pedido y H: Costo de almacenamiento de un producto durante un tiempo determinado.

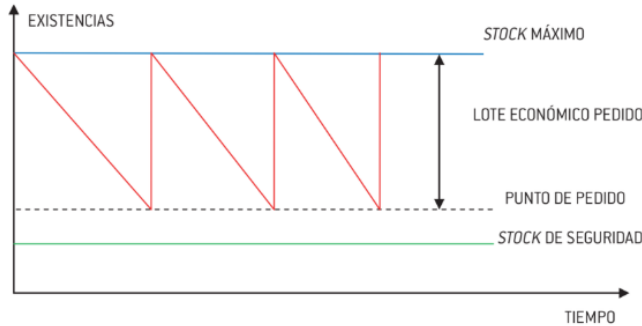


Figura 2 – Representación gráfica del modelo de cantidad económica de pedido (EOQ)

En la Figura 2 se muestra que cuando se está terminando el inventario de productos, es decir, cuando los productos alcanzan el límite del punto de pedido, el sistema emite de manera automática el pedido. Esa cantidad de unidades es la cantidad económico de pedido (Meana, 2024).

### 3.6.4. Cantidad económica de pedido en producción (POQ):

Teniendo en cuenta que el pedido puede ser recibido en un periodo de tiempo determinado, este modelo considera tanto la tasa de demanda como la tasa de producción. La fórmula del modelo POQ es la siguiente:

$$EPQ = \sqrt{\frac{2DS}{H} \times \frac{P}{P-d}} \quad (2)$$

Donde:

P: tasa de producción y d: Tasa de demanda.

### 3.6.5. Lote por lote:

Este modelo se aplica extensamente en los sistemas de Justo a Tiempo (JIT) y en la producción a pedido. Su mayor beneficio es la disminución de los gastos de almacenaje, aunque puede conllevar incrementos en los costos de pedido y una dependencia incrementada de proveedores de confianza Betancourt (2017). Matemáticamente, el modelo se representa como:

$$Q_t = D_t \quad (3)$$

Donde:

$Q_t$  = Cantidad pedida en el período y  $D_t$  = Demanda en el período t.

### 3.6.6. Modelo de Revisión Continua (Q, R):

Betancourt (2017) menciona que con el modelo (Q, R) se efectúa un pedido de tamaño Q cuando el nivel de inventario se reduce a un punto de reorden R, teniendo en cuenta las fluctuaciones en la demanda y el plazo de entrega. La fórmula del modelo (Q, R) es la siguiente:

$$R = dL + SS \quad (4)$$

Donde:

d = Demanda promedio por período, L= Plazo de entrega y SS = Stock de seguridad.

### 3.6.7. Modelo de Revisión Periódica (R, S):

Betancourt (2017) menciona que se realiza una revisión del inventario en periodos regulares R y se efectúa un pedido para incrementar el nivel de inventario a un nivel objetivo S, considerando la incertidumbre en la demanda durante el período de revisión y el plazo de entrega. La fórmula del modelo (R, S) es la siguiente:

$$Q = S - I \quad (5)$$

Donde:

S = Nivel objetivo de inventario y I = Inventario disponible en el momento de la revisión.

## 3.7. Modelos de gestión de inventarios basados en ecuaciones diferenciales

Zill (2014) menciona que una ecuación diferencial es una fórmula que vincula una función desconocida con sus derivadas, detallando cómo esta función se modifica en base a una variable independiente. A continuación, se muestran algunas representaciones matemáticas que emplean ecuaciones diferenciales en el marco de la gestión de inventarios:

### 3.8. Modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ) con Efecto de Memoria

Pakhira et al. (2019) menciona que el modelo EOQ tradicionalmente se fundamenta en ecuaciones diferenciales ordinarias que no toman en cuenta los efectos de memoria, es decir, se toma en consideración que los cambios en el nivel de inventario dependen únicamente del tiempo presente y de parámetros como la tasa de demanda y la reposición. En otras palabras, la conducta actual del sistema no solo se basa en sus

condiciones iniciales y sus parámetros presentes, sino también en su historial previo. Este tipo de modelado resulta particularmente útil en la gestión de inventarios en el sector aeronáutico, donde los ciclos de mantenimiento, la disponibilidad de piezas de recambio y la necesidad de piezas de sustitución pueden estar sujetos a sucesos anteriores (Pakhira, Ghosh, Sarkar, & Narayan, 2019). La fórmula del modelo de cantidad Económica de Pedido (EOQ) con efecto de memoria es la siguiente:

$$\frac{d^\alpha I(t)}{dt^\alpha} = -D \quad (6)$$

Donde:

$\frac{d^\alpha I(t)}{dt^\alpha}$  representa la derivada fraccionaria de orden  $\alpha$  del nivel de inventario  $I(t)$ .

$D$  es la tasa de demanda constante.

### 3.9. Modelo de Inventario con Demanda Dependiente del Tiempo:

En escenarios donde la demanda cambia a lo largo del tiempo, se puede modelar el nivel de inventario  $I(t)$  a través de la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{dI(t)}{dt} = -D(t) \quad (7)$$

Donde:  $D(t)$  es una función que representa la demanda en función del tiempo.

### 3.10. Modelo de deterioro y demanda estocástica:

Mora Arquez (2018) menciona que un modelo de inventarios de deterioro y demanda estocástica aplicado a repuestos se deben considerar que los repuestos se consumen debido al uso, fallas o caducidad. La demanda puede ser incierta y modelada como un proceso estocástico. Una ecuación diferencial típica es:

$$\frac{dI}{dt} = -D(t) + O(t) \quad (8)$$

donde  $I(t)$  es el inventario,  $D(t)$  la demanda en el tiempo y  $O(t)$  los pedidos recibidos.

### 3.11. Modelo de reabastecimiento periódico con retraso en la entrega

El modelo de reabastecimiento periódico con retraso en la entrega es una estrategia de gestión de acciones en la que las órdenes de auditoría y reabastecimiento de combustible se realizan a ciertos intervalos de tiempo y se consideran un período entre la orden y su aceptación conocida como el período de entrega (FasterCapital, 2024).

$$\frac{dI}{dt} = -D(t) + O(t - \tau) \quad (9)$$

Donde  $\tau$  es el tiempo de entrega.

### 3.12. Modelo de optimización de costos (EOQ Dinámico)

Metropolitana (2020) menciona que estos tipos de modelos nos permiten ser más eficientes al planificar la producción que va de la mano con una política de almacén administrada por la empresa. La ecuación general utilizada para minimizar los costos en una planificación de  $n$  periodos es la siguiente:

$$\min \sum_{t=1}^n (C_t(Q_t) + h_t(I_t)) \quad (10)$$

Sujeto a:

$$I_{t+1} = I_t + Q_t - D_t, \forall t = 1, 2, \dots, n$$

$$I_t \geq 0, Q_t \geq 0, \forall t$$

Donde:

$C_t(Q_t)$  es el costo de producción o pedido en el período  $t$

$h_t(I_t)$  es el costo de almacenamiento del inventario remanente final de  $t$

$I_t$  es el inventario disponible al de final de  $t$

$Q_t$  es la cantidad ordenada en el período  $t$

$D_t$  es la demanda del período  $t$ , que varía con el tiempo.

### 3.13. Modelos de mantenimiento preventivo y predictivo

Pinzón (2022) expresa que este modelo buscan optimizar la disponibilidad de repuestos y recursos necesarios para los mantenimientos programados en equipos industriales, proporciona continuidad en el funcionamiento y reduce los costos asociados con paradas inesperadas. En los modelos de inventario para mantenimiento preventivo y predictivo, la ecuación general para minimizar los costos totales se define como:

$$C_{total} = C_{almacenamiento} + C_{desbastecimiento} + C_{orden} + C_{mantenimiento} \quad (11)$$

4. Análisis de resultados

Resumen de los principales modelos matemáticos de inventarios con ecuaciones diferenciales.

La Tabla 1 resume los principales modelos matemáticos de inventarios que utilizan ecuaciones diferenciales que aportan a este trabajo de investigación por sus características:

| Nombre del Modelo                                              | Conclusión                                                                                                                                             | Referencia bibliográfica |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Modelo de reabastecimiento periódico con retraso en la entrega | Permite planificar reabastecimientos de manera periódica basados en la demanda real y evita el desabastecimiento.                                      | (FasterCapital, 2024)    |
| Modelo de optimización de costos (EOQ Dinámico)                | Permite un ajuste en la cantidad de pedido según la demanda real. Reduce costos al evitar exceso en el almacenamiento y compras que no son necesarias. | (Metropolitana, 2020)    |
| Modelo de deterioro y demanda estocástica                      | Es ideal cuando los repuestos tienen vida útil limitada o los mismos se deterioran.                                                                    | (MORA ARQUEZ, 2018)      |

Tabla 1 – Principales modelos matemático con ecuaciones diferenciales

Los demás modelos matemáticos no fueron considerados porque no utilizan en su modelo las ecuaciones diferenciales.

4.1. Modelo matemático propuesto para la gestión de inventarios en el Centro de almacenamiento de material aeronáutico del Escuadrón Mantenimiento Sistemas Aeronáuticos de la ESMA

Para la presente investigación que considera la aplicación en el almacenamiento de material aeronáutico, una vez revisado los modelos matemáticos que utilizan ecuaciones diferenciales, se estableció un modelo propuesto basado en la combinación de los modelos de reabastecimiento periódico y el EOQ dinámico, puesto que se enfoca en dos vías, por un lado, si el suministro es muy irregular se prioriza el Modelo de reabastecimiento periódico con retraso en la entrega, mientras que si se desea minimizar los costos y optimizar la eficiencia se ajusta el modelo EOQ dinámico.

4.2. Formulación del modelo matemático

La estructuración del modelo matemático basado en la combinación de los modelos de Reabastecimiento periódico y EOQ dinámico utilizando ecuaciones diferenciales permite representar la evolución del nivel de inventario y ayuda en la optimización del sistema de gestión, a continuación, se muestran los supuestos:

4.2.1. Supuestos del modelo

Para la construcción del modelo se va a plantear los siguientes supuestos:



- La demanda varía en el tiempo  $D(t)$ , pero se puede estimar como una tasa continua
- El inventario se repone de manera periódica con un lote  $Q(t)$  que está definido por el EOQ Dinámico
- El inventario se reduce de manera continua por el consumo y se incrementa instantáneamente en el punto de reabastecimiento.

#### 4.2.2. Definición de variables

Las variables a considerar son las siguientes:

$Ni(t)$ : Nivel de inventario en el tiempo  $t$

$Dem(t)$ : Tasa de demanda en el tiempo  $t$

$Q(t)$ : Cantidad de reabastecimiento en el tiempo  $t$

$T_r$ : Tiempo de reabastecimiento

$C_o$ : Costo de ordenar un lote

$C_h$ : Costo de mantenimiento por unidad y tiempo

$C_s$ : Costo de escasez por unidad no cubierta

$\lambda$ : Tasa de variación de la demanda

$L$ : Plazo de entrega

#### 4.2.3. Ecuación diferencial general

Para la presente investigación la ecuación diferencial general del modelo en la cual se consideró la combinación de los modelos de Reabastecimiento periódico y EOQ dinámico puesto que involucra múltiples dinámicas, tales como: Evolución del inventario en el tiempo, la demanda variable en el tiempo, las órdenes de reposición periódicas y retraso en la entrega, la misma que se muestra a continuación:

$$\frac{dI}{dt} = -D_o e^{\lambda t} + \sum_{n=0}^{\infty} Q^*(t-L) \delta(t-nT_r-L) \quad (12)$$

Donde:

$I(t)$ : Nivel de inventario en el tiempo  $t$

$D_o e^{\lambda t}$ : Nivel de inventario en el tiempo  $t$

$Q^*(t) = \sqrt{\frac{2C_o D_o e^{\lambda t}}{C_h}}$ : Cantidad óptima de pedido (EOQ Dinámico)

$T_r$ : Periodo de revisión

$L$ : Retraso en la entrega

$\delta(t-nT_r-L)$ : Función delta de Dirac que activa el reabastecimiento en tiempos discretos

Se debe tomar en consideración que la ecuación general detalla la variación del inventario en el tiempo, pero el reabastecimiento se genera en tiempos discretos, es decir,  $nT_r$ , por lo que se requiere un función impulso ( $\delta$ ). Por lo tanto, para obtener una solución que explique mejor se necesita describir de una mejor forma el problema se debe formar un sistema compuesto por dos ecuaciones, una que mida la evolución del inventario entre reabastecimientos y otra que mida la condición de reabastecimiento con EOQ dinámico.

### Ecuación 1: Dinámica del inventario:

El nivel de inventario  $Ni(t)$  está determinado por la tasa de reabastecimiento y la tasa de demanda. La dinámica del inventario está modelada con la ecuación diferencial:

$$\frac{dNi(t)}{dt} = -D(t) \quad (13)$$

Considerando que la demanda sigue una tendencia exponencial creciente o decreciente, se puede modelar de la siguiente manera:

$$D(t) = D_0 e^{\lambda t} \quad (14)$$

Tomando en cuenta que la demanda es constante, se puede decir que:

$$D(t) = D_0 \quad (15)$$

### Ecuación 2: Condición de reabastecimiento periódico (EOQ Dinámico):

Considerando las  $T_r$  unidades de tiempo, es decir, los periodos de revisión se realiza un pedido. El inventario nuevo se aumenta en una cantidad que es calculada por el modelo EOQ dinámico:

$$I(t^+) = I(t^-) + Q^*(t-L) \quad (16)$$

Donde:

$I(t^+)$  es el nivel de inventario después del reabastecimiento

$I(t^-)$  es el nivel de inventario antes del reabastecimiento

$Q^*(t-L)$  es la cantidad óptima de pedido, la misma que es calculada con EOQ dinámico tomando en cuenta el retraso en la entrega L.

Siendo  $Q^*(t-L) = \sqrt{\frac{2C_o D(t-L)}{C_h}}$ , donde  $C_o$  es el costo de ordenar,  $C_h$  es el costo de

mantener el inventario por unidad de tiempo y L es el tiempo de entrega.

De esta forma al considerar la ecuación 1 y 2, el modelo propuesto se presenta en un sistema de ecuaciones de la siguiente forma:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dI(t)}{dt} = -D(t) + \sum_{n=0}^{\infty} Q(t_n) * \delta(t - t_n) \\ Q(t_n) = \sqrt{\frac{2 * K * D(t_n)}{h(t_n)}} \\ I(t_n^+) = I(t_n^-) + Q(t_n) \end{array} \right.$$

Este sistema permite modelar la variación del inventario de forma continua y considera la demanda diaria, además permite la actualización del nivel de inventario con los reabastecimientos obtenidos de manera dinámica.

La Figura 3 muestra gráficamente el comportamiento del modelo propuesto, en donde se representa el ciclo del inventario que comienza con el monitoreo del inventario, el cual se ajusta al reabastecimiento de manera periódica y responde a la demanda, así mismo se refleja que en el modelo se utiliza un EOQ dinámico que permite calcular la cantidad óptima de pedido en función a la demanda y los costos de almacenamiento.

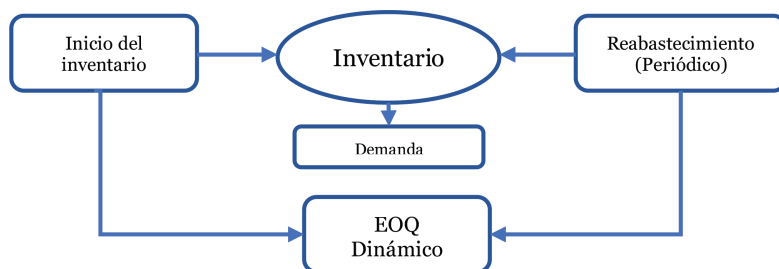


Figura 3 – Diagrama de Flujo del modelo de Reabastecimiento periódico y EOQ dinámico

Finalmente, se puede aportar que el modelo matemático propuesto que está basado en ecuaciones diferenciales y que consideran su fundamentación en dos modelos matemáticos tales como el modelo de Reabastecimiento periódico y EOQ dinámico, se convierte en una herramienta precisa y que se ajusta de manera perfecta a la gestión del inventario del material aeronáutico, puesto que integra la naturaleza continua de la demanda y también considera los tiempos de reabastecimiento con la flexibilidad del modelo EOQ dinámico con la variaciones del consumo y costos, dado que de esta manera el modelo permitió notificar las necesidades de inventario y los niveles de stock. Por lo tanto, con el modelo propuesto se logra optimizar los recursos logísticos y garantiza la operatividad del Escuadrón de Mantenimiento de Sistemas Aeronáuticos ESMA puesto que se cuenta con disponibilidad de los componentes críticos asegurando seguridad y una logística bien gestionada.

## 5. Conclusiones

Mediante la revisión de literatura realizada se pudo concluir que los modelos matemáticos que están basados en ecuaciones diferenciales son una herramienta muy relevante para la representación dinámica de los sistemas de gestión de inventarios, puesto que estos permiten captar con mayor precisión las variaciones en los niveles de stock dada la demanda y los métodos de reabastecimiento. Estos modelos, han sido implementados de manera muy amplia en diferentes sectores industriales puesto que presentan un alto potencial para adaptarse a entornos que son complejos y regulados como es el caso del Centro de almacenamiento de material aeronáutico. La revisión de literatura permitió poner en evidencia la escasa aplicación que se tiene en el ámbito de la industria aeronáutica, lo cual representa un vacío importante desde el punto de vista conceptual. Ésta marcada diferencia permite sugerir la necesidad de desarrollar formulaciones nuevas que tengan en cuenta las particularidades del sector aeronáutico, tomando en cuenta los altos estándares de trazabilidad y criticidad de los repuestos, así como las restricciones por seguridad. De esta manera, se puede indicar que los modelos de gestión de inventarios basados en ecuaciones diferenciales aportan de manera significativa en la optimización de procesos, puesto que ayudan a reducir costos logísticos y permiten garantizar la disponibilidad de los materiales. Finalmente, se puede mencionar que los resultados del presente trabajo de investigación permiten sentar las bases para futuras propuestas de aplicación y estudios cuantitativos que consideren estos modelos con datos reales del sector de la industria aeronáutica.

## Referencias

- Borbor, A., & López, J. (2024). Estrategias de control de inventario de suministros para la mejora de la rentabilidad de una compañía agrícola-minera. *REVISTA INVECOM "Estudios transdisciplinarios en comunicación y sociedad"*, 4(2). Obtenido de <https://ve.scielo.org/pdf/ric/v4n2/2739-0063-ric-4-02-e040285.pdf>
- Chopra, S. &. (2019). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson.
- EasyMaint. (2025). *Inventarios de Repuestos de Mantenimiento: Clave para la Eficiencia y Productividad en las Operaciones*. Obtenido de Inventarios de Repuestos de Mantenimiento: Clave para la Eficiencia y Productividad en las Operaciones: <https://www.easy-maint.net/es/blog/inventarios-de-repuestos-de-mantenimiento-clave-para-la-eficiencia-y-productividad-en-las-operaciones.html>
- FasterCapital. (17 de Junio de 2024). *Tiempo de entrega reduccion del tiempo de entrega para mejorar la eficiencia del inventario periodico*. Obtenido de Tiempo de entrega reduccion del tiempo de entrega para mejorar la eficiencia del inventario periodico: <https://fastercapital.com/es/contenido/Tiempo-de-entrega--reduccion-del-tiempo-de-entrega-para-mejorar-la-eficiencia-del-inventario-periodico.html>
- García, M. C., & San Andrés-Laz, E. (2021). DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN POR PROCESOS PARA EL MANEJO DE INVENTARIOS. CASO: FERRETERÍA QUIROZ. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN*, 5(9), 180-203. doi:<https://doi.org/10.46296/yc.v5i9edespsoct.0118>

- Meana, P. (2024). *Gestión de inventarios*. Paraninfo S.A.
- Mecalux, S. (2023). *Modelos de inventario determinísticos vs. probabilísticos*. Obtenido de Modelos de inventario determinísticos vs. probabilísticos: <https://www.mecalux.com.mx/blog/modelos-de-inventario>
- Metropolitana, U. A. (16 de Diciembre de 2020). *PROGRAMACIÓN DINÁMICA*. Obtenido de PROGRAMACIÓN DINÁMICA: <https://sites.google.com/view/programacion-dinamica-bfghm/inicio?authuser=0>
- MORA ARQUEZ, G. M. (2018). *DISEÑO DE UN MODELO DE INVENTARIO EPQ, CONSIDERANDO UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN IMPERFECTO CON DEMANDA ESTOCÁSTICA Y DEPENDIENTE DE LOS ESFUERZOS DE VENTAS EN ESQUEMAS COLABORATIVOS*. CARTAGENA DE INDIAS: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR FACULTAD DE INGENIERÍAS MAESTRÍA EN LOGÍSTICA INTEGRAL.
- Núñez-Oviedo, M., & Tarazona-Torres, L. (2024). Gestión de inventarios de una compañía importadora de repuestos de transmisión de potencia de maquinaria pesada. *Revista Ingeniería Industrial*(47), 79-102. doi:<https://doi.org/10.26439/ing.ind2024.n47.7116>
- Oliveira, C. K., Menck, H. G., Takito, P. Y., Cirilo, E. R., Natti, P. L., & Takano, E. R. (2018). Gestão de Estoques: Modelo LEC versus Modelo (Q,R. *Applied Production Engineering*, 2, 46-60. doi:<https://doi.org/10.48550/arXiv.1802.10003>
- Pakhira, R., Ghosh, U., Sarkar, S., & Narayan, V. (2019). Study of memory effect in an EOQ model for completely backlogged demand during shortage. doi:<https://arxiv.org/abs/1904.08193>
- Pinzón, C. (2022). *MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS AL MANTENIMIENTO PREDICTIVO*. Obtenido de SISTEMAS DE GESTIÓN DEMANTENIMIENTO COMPUTARIZADO CMMS: <https://cmmshe.com/wp-content/uploads/2022/11/art-CMMShere-mantenimiento-predictivo.pdf>
- Reina, S. (2024). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI*. Obtenido de Modelo de control de inventarios y optimización de los procesos de almacenamiento en la bodega de repuestos para la flota vehicular que maneja la empresa Transcomerinter S.A. cantón Tulcán: <https://repositorio.upec.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7c47821b-e1af-4929-a5a5-3fe8431524cd/content>
- Sánchez-Suárez, Y., Trujillo-García, L., Marqués-León, M., & Pancorbo-Sandoval, J. A. (2023). Planificación del Sistema de Inventarios. Caso de Estudio Photoclub Flash, División Comercial Hicacos. *Economía y Negocios*, 14(1), 26-39. doi:<https://doi.org/10.29019/eyn.v14i1.1092>
- Zill, D. (2014). *Ecuaciones diferenciales con aplicaciones de modelado* (10ma ed.). Cengage Learning. Obtenido de <https://dct.digitalcontent.com.co/sview/default.aspx>

# Modelado estadístico de los hábitos de gasto estudiantil mediante análisis de correlación y regresión lineal: Caso de la universidad de fuerzas armadas ESPE en la Unidad Académica Especial Salinas ESSUNA

Margarita del Rocío Palma Samaniego<sup>1</sup>[0000-0003-4622-394X],  
Leopoldo Rafael Burgos Rea<sup>2</sup>[0009-0003-5811-7586],  
Wendy Esthela Wasbrun Tinoco<sup>3</sup>[0000-0001-7350-9244],  
Andrea Carolina Bolaños Gómez<sup>4</sup>[0009-0001-5870-6837]

**mdpalma3@espe.edu.ec; leopoldo.burgosr@ug.edu.ec; wewasbrun@espe.edu.ec; agomez@unemi.edu.ec**

<sup>1</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Seguridad y Defensa, Sangolquí, Ecuador

<sup>2</sup> Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Guayaquil, 090101, Ecuador

<sup>3</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Seguridad y Defensa, Sangolquí, Ecuador

<sup>4</sup> Universidad Estatal de Milagro, Posgrado/ Escuela de Educación, Milagro, 091701, Ecuador

**Pages: 228-240**

**Resumen:** En el presente estudio, orientado al análisis de los hábitos de gasto de los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en la Unidad Académica Especial Salinas (ESSUNA), se aplicaron métodos estadísticos de correlación y regresión lineal con el fin de evaluar la relación entre distintas categorías de egresos estudiantiles. Los resultados del análisis de correlación revelaron una asociación estadísticamente significativa, aunque de baja magnitud, el coeficiente de correlación sugiere una relación débil entre ambas variables. El ANOVA con valor  $p = 0.996$  indica ausencia de significancia estadística en la relación entre variables. Para el análisis, la muestra fue clasificada en cuatro grupos según el año de estudio. Los bajos niveles de correlación y la falta de significancia en el modelo reflejan la importancia de incorporar variables adicionales o métodos multivariantes más complejos que permitan comprender en profundidad las dinámicas en los hábitos de consumo estudiantil.

**Palabras-clave:** Hábitos de gasto estudiantil, Correlación, Regresión lineal, Regresión lineal múltiple, Coeficiente de Determinación.

***Statistical modeling of student spending habits using correlation analysis and linear regression: Case of the ESPE Armed Forces University in the Salinas Special Academic Unit (ESSUNA)***

**Abstract:** In this study, aimed at analyzing the spending habits of students at the University of the Armed Forces (ESPE) in the Salinas Special Academic Unit (ESSUNA), statistical methods of correlation and linear regression were applied to evaluate the relationship between different categories of student expenditures. The results of the correlation analysis revealed a statistically significant, albeit low, association; the correlation coefficient suggests a weak relationship between the two variables. The ANOVA with a p-value of 0.996 indicates a lack of statistical significance in the relationship between variables. For the analysis, the sample was classified into four groups according to the year of study. The low levels of correlation and the lack of significance in the model reflect the importance of incorporating additional variables or more complex multivariate methods that allow for a deeper understanding of the dynamics of student spending habits.

**Keywords:** Student spending habits, Correlation, Linear regression, Multiple linear regression, Coefficient of determination.

## 1. Introducción

Actualmente, en pleno siglo XXI, la comprensión de los hábitos de gasto de los estudiantes universitarios ha adquirido una relevancia sin precedentes en el ámbito económico y social. El análisis de los hábitos de gasto es esencial para entender el comportamiento económico de los estudiantes, quienes representan un segmento de la población con características únicas y desafíos específicos. En la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, los estudiantes provienen de diversos antecedentes socioeconómicos y geográficos, lo cual añade una capa adicional de complejidad a sus patrones de consumo. La identificación de tendencias y correlaciones dentro de estos hábitos puede ofrecer valiosa información para la planificación financiera tanto a nivel individual como institucional.

La metodología empleada en este estudio incluye técnicas estadísticas avanzadas de correlación y regresión lineal, que permiten no solo identificar relaciones entre variables, sino también cuantificar la fuerza y dirección de estas relaciones. Estas técnicas permiten analizar las dinámicas subyacentes en los hábitos de gasto, proporcionando una base sólida para la interpretación de los datos y la formulación de recomendaciones prácticas, la aplicación rigurosa de estas herramientas metodológicas garantiza la precisión y relevancia de los hallazgos.

Además, este estudio tiene implicaciones prácticas que trascienden el ámbito académico. Los resultados pueden ser utilizados por los administradores universitarios para diseñar programas de educación financiera y apoyo económico dirigidos a los estudiantes. Asimismo, las autoridades educativas y los responsables de políticas públicas pueden beneficiarse de esta información para crear entornos más favorables para el desarrollo financiero de los jóvenes. En última instancia, la comprensión profunda de los hábitos de gasto de los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE contribuye al fortalecimiento de su bienestar económico y académico.

## 2. Trabajos relacionados

La literatura académica sobre los hábitos de gasto de los estudiantes universitarios es notablemente limitada. Aunque existen algunos estudios que investigan la gestión



financiera entre esta población, la mayoría se enfocan en otros ámbitos y no suministran una visión comprehensiva o generalizable. Esta insuficiencia de estudios representa una importante limitación académica, considerando que comprender los hábitos financieros de los estudiantes universitarios es esencial para desarrollar estrategias educativas efectivas y mejorar sus decisiones económicas cotidianas.

Ahmad, Hamat, Alias, Mohamed, & Shuaib, (2024) refieren en su realizado que esta enfocado en analizar la correlación entre la alfabetización financiera y los hábitos de gasto de los estudiantes universitarios, obteniendo una correlación positiva significativa, es decir,  $r=0.697$  con un valor  $p<0.001$ , esto sugiere que una mayor alfabetización financiera se asocia con los hábitos de gasto responsables.

Azid et al (2024) en su estudio titulado Multiple Linear Regression Analysis on Factors Affecting Financial Literacy among Undergraduate Students emplean la técnica de análisis de regresión lineal múltiple con la finalidad de identificar que factores influyen en la alfabetización financiera de los estudiantes universitarios, encontrando que uno de los factores más significativo es la actitud financiera seguido por el conocimiento financiero, las influencias familiares y el comportamiento financiero, cabe resaltar que estos factores tuvieron efectos significativos sobre el promedio de las calificaciones y la asignación económica de los estudiantes.

Sabri & Maurice MacDonald (2010) mencionan en su estudio sobre el comportamiento del ahorro y problemas financieros entre estudiantes universitarios en Malasia, en donde se determino que una mayor alfabetización financiera se relaciona con mejores hábitos de ahorro y disminuyen los problemas financieros.

La investigación de González et al. (2023) realizada en la Facultad de Economía de la Universidad Veracruzana analizó el consumo de los estudiantes durante un periodo escolar. La investigación se basó en una muestra de 107 estudiantes y utilizó una encuesta para recopilar datos. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis factorial, un estudio de comunalidades y componentes, y se elaboraron tablas de contingencia. Los resultados mostraron que las decisiones de consumo de los estudiantes estaban influenciadas por hábitos de consumo externos, medios publicitarios y la búsqueda de aprobación social. Los hábitos de consumo se reflejaron en la compra de alimentos, ropa, productos de higiene personal, y en el gasto en restaurantes, bares, cafeterías y antros.

Otra de las investigaciones encontradas es la de Mateus y Hernández (2016) donde se analizó el comportamiento de consumo en estudiantes universitarios, fundamentándose en la teoría microeconómica del consumidor y elementos básicos de economía del comportamiento. Considerando la declaración de preferencias de consumo para doce grupos de bienes, se examinó la probabilidad de realizar un presupuesto mensual de gasto, teniendo en cuenta su rango de ingreso. Se concluyó que el ingreso era un factor fundamental en la elaboración de un presupuesto, considerando las preferencias por grupos de bienes. El grupo de bienes alimentos resultó ser muy importante para los estudiantes con ingresos hasta 2 millones, mientras que aquellos con ingresos mayores mostraron mayores preferencias por prendas de vestir, restaurantes y hoteles, y bienes y servicios diversos.

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ubicada en Salinas, se encuentra en una posición privilegiada para identificar el comportamiento financiero entre su comunidad

estudiantil. Es por ello que este estudio se enfoca en analizar la correlación y la regresión lineal de los patrones de gasto de los estudiantes de esta institución, con el objetivo de identificar factores determinantes y proponer estrategias de manejo financiero más eficientes. Los resultados obtenidos suministrarán una visión importante de cómo los estudiantes gestionan sus recursos económicos y las implicaciones de sus decisiones financieras.

### **3. Metodología/ materiales y métodos**

#### **3.1. Conceptos relevantes**

Para el desarrollo del presente estudio, es fundamental delinear y precisar ciertos conceptos inherentes a las técnicas de regresión y correlación lineal, para facilitar la comprensión de estos métodos estadísticos.

#### **3.2. Regresión y Correlación**

En la regresión lineal, el objetivo es determinar el valor de una recta que se ajuste a los datos muestrales mejor que cualquier otra. El coeficiente de correlación ( $r$ ), desarrollado por Carl Pearson, mide la intensidad de la relación lineal entre dos variables, con valores entre -1 y 1, donde los extremos representan una correlación perfecta negativa o positiva, respectivamente (Arellano & Peña, 2020).

#### **3.3. Coeficiente de Determinación ( $R^2$ )**

El coeficiente de determinación  $R^2$  es una medida estandarizada que toma valores entre 0 y 1, indicando qué tan bien los datos se ajustan a la recta de regresión. Un valor de 0 indica que las variables son independientes, mientras que un valor de 1 indica una relación perfecta entre ellas. Esta medida permite evaluar la calidad del ajuste del modelo de regresión (Hernández, 2018).

#### **3.4. Análisis de Varianza (ANOVA)**

El análisis de varianza (ANOVA) es una técnica estadística utilizada para comparar las medias de tres o más grupos para ver si al menos una es significativamente diferente. Esta técnica descompone la variabilidad total de los datos en componentes atribuibles a diferentes fuentes de variación, lo que permite evaluar la calidad del ajuste del modelo y determinar si los predictores seleccionados tienen un impacto significativo en la variable dependiente.

#### **3.5. Covarianza**

La covarianza es una medida que indica el grado en el cual dos variables cambian juntas. Si las variaciones de una variable tienden a coincidir con las variaciones de otra, entonces se dice que tienen una covarianza positiva. Por otro lado, si una variable tiende a aumentar cuando la otra disminuye, tienen una covarianza negativa.

### 3.6. Método de Mínimos Cuadrados

El método de mínimos cuadrados es una técnica matemática utilizada para encontrar la mejor aproximación lineal a un conjunto de datos observados. Este método minimiza la suma de los cuadrados de las diferencias (residuos) entre los valores observados y los valores predichos por el modelo de regresión. (Martínez & Contreras, 2015).

## 4. Caso de estudio

Para llevar a cabo el análisis de los hábitos de gasto de los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la Unidad Académica Especial Salinas ESSUNA, se utilizó un conjunto de datos representativo de 157 estudiantes, provenientes de diferentes grupos demográficos y con variados antecedentes académicos. Este enfoque permite obtener una visión más completa y diversa de los patrones de gasto entre la población estudiantil, lo que es fundamental para garantizar la relevancia y aplicabilidad de los resultados obtenidos.

El conjunto de datos incluye una amplia gama de variables relevantes, tales como la edad, el sexo, el año de estudio, los ingresos mensuales, el tipo de ayuda financiera recibida y una serie de categorías de gastos. Entre estas categorías, se encuentran los gastos asociados a matrícula, vivienda, alimentación, transporte, libros y suministros, entretenimiento, cuidado personal, tecnología, salud y bienestar, así como gastos varios. Cada una de estas categorías refleja una faceta específica de los hábitos de consumo de los estudiantes y, por lo tanto, ofrece información valiosa sobre cómo estos administran sus recursos financieros.

Además, el conjunto de datos incluye información sobre el método de pago preferido por cada estudiante, lo que agrega una dimensión adicional al análisis, ya que permite identificar patrones en la forma en que los estudiantes abordan sus gastos y gestionan sus finanzas personales. Esta variable puede proporcionar *insights* importantes sobre las preferencias financieras de los estudiantes, como la preferencia por pagos en efectivo, tarjetas de crédito o débito, transferencias bancarias, entre otros.

El análisis de estos datos se llevará a cabo utilizando el entorno de programación R, una herramienta altamente eficiente y versátil para el procesamiento y análisis de grandes volúmenes de información. Se realizarán análisis estadísticos avanzados, como la correlación y la regresión lineal, para explorar las relaciones entre las distintas variables y categorías de gasto. Esto permitirá obtener una comprensión más profunda de cómo las características demográficas y académicas de los estudiantes influyen en sus hábitos de consumo y en la asignación de sus recursos.

La metodología empleada en el análisis de los datos a través de R garantizará una interpretación rigurosa y precisa de los resultados, lo que proporcionará una base sólida para formular recomendaciones sobre la gestión financiera de los estudiantes. En este sentido, los resultados de este análisis no solo aportarán conocimientos valiosos sobre los hábitos de gasto de los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, sino que también podrían servir de referencia para el diseño de políticas y programas

de apoyo financiero y educativo que mejoren el bienestar económico de los estudiantes y optimicen su toma de decisiones financieras. El detalle de las variables es el siguiente:

- Edad: Edad del estudiante (en años)
- Género: Género del estudiante (Hombre, Mujer, No binario)
- Año de escolarización: Año de estudio (primer, segundo, tercer y cuarto año)
- Ingreso Mensual: Ingreso mensual del estudiante (en dólares)
- Ayuda Económica: Ayuda económica que recibe el estudiante (en dólares)
- Matrícula: Gastos de matrícula (en dólares)
- Vivienda: Gastos de vivienda (en dólares)
- Alimentación: Gastos en alimentación (en dólares)
- Transporte: Gastos de transporte (en dólares)
- Libros y útiles: Gastos por libros y útiles (en dólares)
- Entretenimiento: Gastos por entretenimiento (en dólares)
- Cuidado personal: Gastos por artículos de cuidado personal (en dólares)
- Tecnología: Gastos en tecnología (en dólares)
- Salud y Bienestar: Gastos por salud y bienestar (en dólares)
- Varios: Gastos varios (en dólares)
- Método de pago preferido: método de pago preferido (efectivo, tarjeta de crédito/débito, aplicación de pago móvil).

## 5. Resultados

### 5.1. Análisis descriptivo

| Edad del estudiante (en años) |          |       |
|-------------------------------|----------|-------|
| N                             | Válido   | 1000  |
|                               | Perdidos | 0     |
| Media                         |          | 21,68 |
| Mediana                       |          | 22,00 |
| Desv. Desviación              |          | 2,323 |
| Rango                         |          | 7     |
| Mínimo                        |          | 18    |
| Máximo                        |          | 25    |

Tabla 1 – Edad del estudiante (en años)

**Análisis:** En el estudio realizado sobre los hábitos de gastos de los estudiantes se puede observar que la edad promedio es de 21 año, mientras que el 50% de los individuos tiene menos de 22 años.

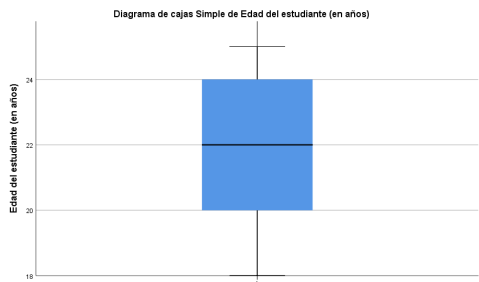


Figura 1 – Edad

| Género del estudiante |            |            |                   |                      |
|-----------------------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| Categoría             | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
| Hombre                | 110        | 70         | 70                | 70                   |
| Mujer                 | 47         | 30         | 30                | 100                  |
| No binario            | 0          | 0          | 0                 | 100                  |
| Total                 | 1000       | 100,0      | 100,0             |                      |

Tabla 2 – Género del estudiante

**Análisis:** En el estudio realizado sobre los hábitos de gastos de los estudiantes se puede observar que 70% de los entrevistados son hombres, mientras que 30% son mujeres y el 0% son no binario.

| Año de estudio |            |            |                   |                      |
|----------------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| Categoría      | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
| Cuarto         | 23         | 15%        | 15%               | 15%                  |
| Tercero        | 26         | 17%        | 17%               | 32%                  |
| Segundo        | 39         | 25%        | 25%               | 57%                  |
| Primer         | 69         | 43%        | 43%               | 100%                 |
| Total          | 1000       | 100,0      | 100,0             |                      |

Tabla 3 – Año de estudio

**Análisis:** El análisis realizado según el año de estudio de los estudiantes muestra que primer año tiene una mayor cantidad de estudiante con 69 estudiantes, representando el 43% del total. Le sigue segundo año con 39 estudiantes, equivalentes al 25%. Luego, se encuentra el tercer año, con 26 estudiantes (17%) y finalmente el cuarto año, con 23 estudiantes (15%).

Correlación lineal

La correlación de Pearson es prueba de hipótesis y medida de correlación a través de su índice R de Pearson, la cual considera que mientras más cercano a 1 es muy buena la correlación.

Entre los Gastos por libros y útiles (en dólares) y Gastos en alimentación (en dólares), la correlación es significativa en el nivel 0,05. Esto se lo observa visualmente a través del diagrama de dispersión (Figura 2), Se observa una relación de izquierda a derecha descendente, su dirección es negativa.

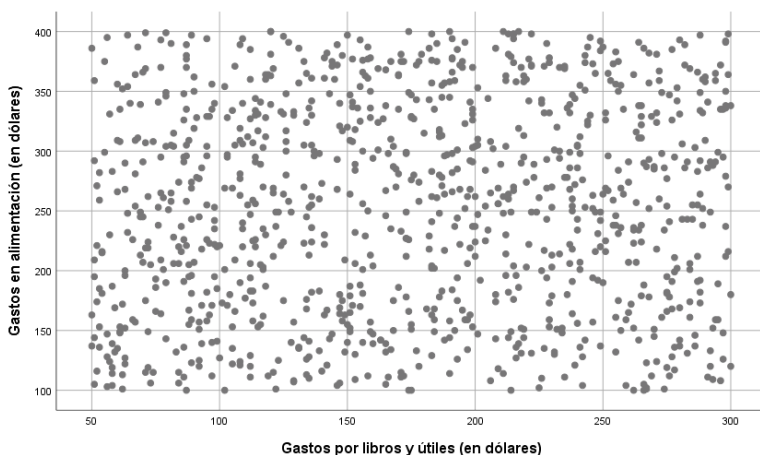


Figura 2 – Diagrama de Dispersión: Gastos por libros y útiles (en dólares) y Gastos en alimentación (en dólares)

Una ínfima correlación también es la existente entre la Edad del estudiante (en años) y Gastos en alimentación (en dólares), esto lo demuestra el p-valor de 0.056, que es mayor al nivel de significancia del 5% y un índice R de 0,060. El diagrama de dispersión de la Figura 3 muestra la ínfima correlación.

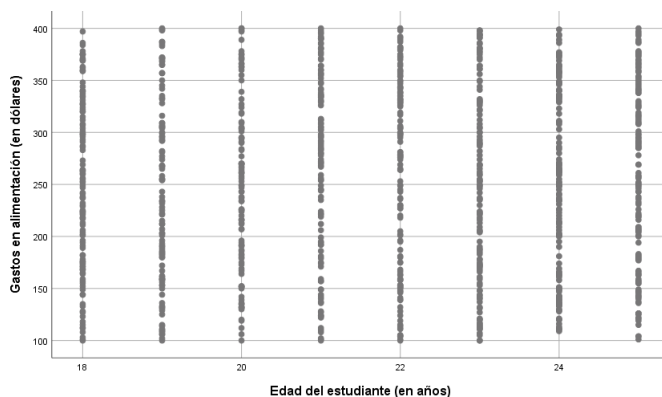


Figura 3 – Diagrama de Dispersión: Edad del estudiante (en años) y Gastos en alimentación (en dólares)

## 5.2. Regresión lineal

En este trabajo, se explora la aplicación de la regresión lineal en el estudio de los hábitos de gastos de los estudiantes de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE en la Unidad Académica Especial Salinas ESSUNA. Al investigar cómo diversos factores influyen en los patrones de consumo de los estudiantes, buscamos identificar las correlaciones significativas que pueden existir entre variables como el ingreso mensual, ayuda financiera recibida y gastos en diferentes categorías de gastos. Este análisis no solo proporciona una comprensión más profunda de las tendencias de gasto estudiantil, sino que también puede ofrecer información valiosa para el desarrollo de políticas económicas y educativas dentro de la institución.

Para un análisis de correlación y regresión lineal de los hábitos de gastos de los estudiantes de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE en la Unidad Académica Especial Salinas ESSUNA, para identificar claramente las variables independientes y dependientes. En este contexto, los ingresos mensuales y la ayuda financiera recibida son las variables independientes porque se consideran los factores que podrían influir en cómo los estudiantes distribuyen sus gastos. Por otro lado, las diferentes categorías de gastos son las variables dependientes, ya que se espera que el monto gastado en cada categoría dependa de los ingresos mensuales y la ayuda financiera recibida.

## 5.3. Variables Independientes

Las variables independientes son: Ingresos Mensuales y Ayuda Financiera Recibida

## 5.4. Variables Dependientes

Gastos en Diferentes Categorías de Gastos: Matrícula, Vivienda, Comida, Transporte, Libros y Suministros, Entretenimiento, Cuidado Personal, Tecnología, Salud y Bienestar, Gastos Varios

## 5.5. Formulación de la Regresión Lineal

Para cada categoría de gasto, se formulará una ecuación de regresión lineal. De esta manera, serviría para analizar cómo los ingresos mensuales y la ayuda financiera afectan el gasto en vivienda, para esto se podría tener una ecuación del tipo:

$$\begin{aligned} \text{Gasto en Vivienda} \\ = \beta_0 + \beta_1(\text{Ingresos Mensuales}) + \beta_2(\text{Ayuda Financiera}) \\ + \epsilon \end{aligned}$$

Aquí,  $\beta_0$  es la intersección,  $\beta_1$  y  $\beta_2$  son los coeficientes de regresión para los ingresos mensuales y la ayuda financiera, respectivamente, y  $\epsilon$  es el término de error. Al realizar este tipo de análisis para cada categoría de gasto, podrás determinar la influencia de los ingresos y la ayuda financiera en los diferentes aspectos del gasto estudiantil.



Aplicando, la opción de regresión lineal del aplicativo en el lenguaje R. con variable independiente Ingresos mensual del estudiante y variable dependiente Gastos de matrícula (en dólares), se observa que el valor de R con 0,000, ver Tabla 4.

| Variables entradas/eliminadas <sup>a</sup>                               |                                                          |            |                      |                                 |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------|----------------------|---------------------------------|
| Modelo                                                                   | Variables entradas                                       |            | Variables eliminadas | Método                          |
| 1                                                                        | Ingreso mensual del estudiante (en dólares) <sup>b</sup> |            |                      | . Introducir                    |
| a. Variable dependiente: Gastos de matrícula (en dólares)                |                                                          |            |                      |                                 |
| b. Todas las variables solicitadas introducidas.                         |                                                          |            |                      |                                 |
| Resumen del modelo <sup>b</sup>                                          |                                                          |            |                      |                                 |
| Modelo                                                                   | R                                                        | R cuadrado | R cuadrado ajustado  | Error estándar de la estimación |
| 1                                                                        | ,000 <sup>a</sup>                                        | ,000       | -,001                | 861,089                         |
| a. Predictores: (Constante), Ingreso mensual del estudiante (en dólares) |                                                          |            |                      |                                 |
| b. Variable dependiente: Gastos de matrícula (en dólares)                |                                                          |            |                      |                                 |

Tabla 4 – Regresión lineal: Ingresos mensual del estudiante vs. Gastos de matrícula (en dólares)

Los resultados de ANOVA (Analysis Of Variance, análisis de la varianza), ver Tabla 5, indican que el valor p es 0,996. Por lo que un valor p de 0.996 indica que la relación entre las variables independientes y la variable dependiente no es estadísticamente significativa. En el contexto de la regresión lineal, un valor p alto (generalmente mayor que 0.05) sugiere que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, que en este caso sería que el coeficiente de la variable independiente es igual a cero (es decir, que no tiene un efecto significativo sobre la variable dependiente).

Un valor p de 0.996 significa que existe un 99.6% de probabilidad de que la relación observada entre la variable independiente y la variable dependiente sea debido al azar. Esto es extremadamente alto y sugiere que la variable independiente no tiene un efecto significativo sobre la variable dependiente. Construir un modelo de regresión lineal con variables que no son estadísticamente significativas no es útil, ya que el modelo no podrá predecir de manera confiable la variable dependiente con base en las variables independientes.

| ANOVA <sup>a</sup>                                                       |           |                   |     |                  |      |                   |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|-----|------------------|------|-------------------|
| Modelo                                                                   |           | Suma de cuadrados | gl  | Media cuadrática | F    | Sig.              |
| 1                                                                        | Regresión | 16,343            | 1   | 16,343           | ,000 | ,996 <sup>b</sup> |
|                                                                          | Residuo   | 739991348,632     | 998 | 741474,297       |      |                   |
|                                                                          | Total     | 739991364,975     | 999 |                  |      |                   |
| a. Variable dependiente: Gastos de matrícula (en dólares)                |           |                   |     |                  |      |                   |
| b. Predictores: (Constante), Ingreso mensual del estudiante (en dólares) |           |                   |     |                  |      |                   |

Tabla 5 – Resultados ANOVA

| Coeficientes <sup>a</sup>                     |                                |             |                             |        |      |
|-----------------------------------------------|--------------------------------|-------------|-----------------------------|--------|------|
| Modelo                                        | Coeficientes no estandarizados |             | Coeficientes estandarizados | t      | Sig. |
|                                               | B                              | Desv. Error | Beta                        |        |      |
| (Constante)                                   | 4520,839                       | 98,470      |                             | 45,911 | ,000 |
| 1 Ingreso mensual del estudiante (en dólares) | ,000                           | ,093        | ,000                        | -,005  | ,996 |

a. Variable dependiente: Gastos de matrícula (en dólares)

Tabla 6 – Coeficientes

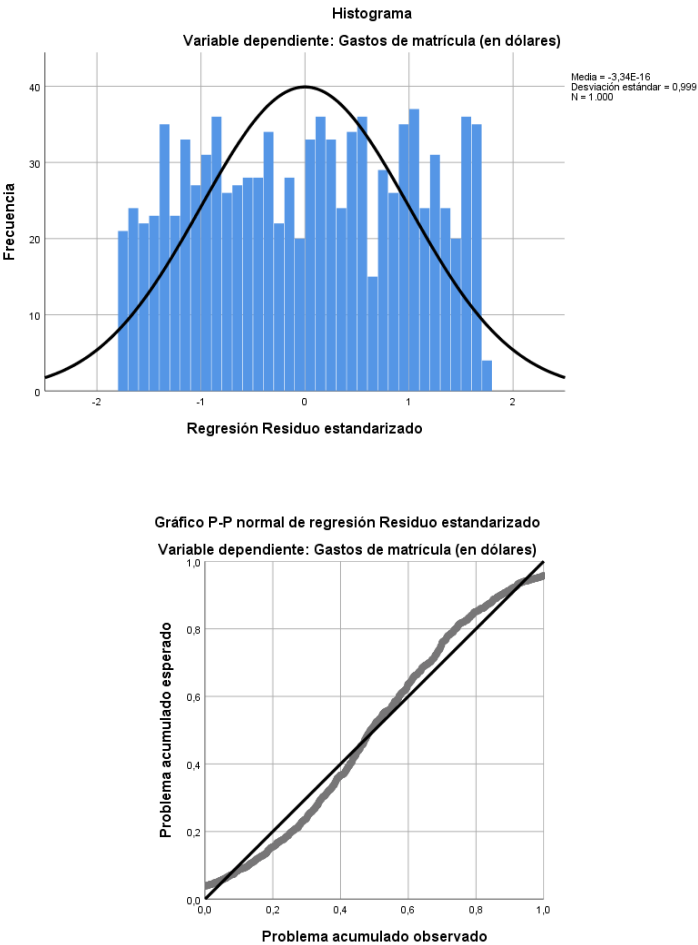


Figura 4 – Histograma y Gráfico PP normal

## 6. Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio sobre los hábitos de gasto de los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la Unidad Académica Especial Salinas ESSUNA reflejan que, aunque se encontró una correlación estadísticamente significativa entre ciertos gastos, como los de libros y útiles con los gastos en alimentación, la magnitud de esta correlación es extremadamente baja (índice R de 0.075). Esto sugiere que, aunque existe una relación, la fuerza es muy limitada y no tiene un impacto considerable en las decisiones de gasto de los estudiantes.

El análisis de regresión lineal y el análisis de varianza (ANOVA) revelaron que las variables independientes seleccionadas no son buenos predictores de la variable dependiente. El valor p del ANOVA fue 0.996, lo que indica que no hay una relación estadísticamente significativa entre las variables que se estudiaron en este modelo y los hábitos de gasto de los estudiantes. Este resultado pone en evidencia las variables seleccionadas en el modelo de regresión lineal. Es posible que se hayan omitido factores clave que influyen de manera más relevante en los hábitos de gasto, como las variables socioeconómicas, el nivel de ingresos o incluso influencias externas como la publicidad y las expectativas sociales.

Aunque este estudio aporta una base inicial sobre los hábitos de gasto de los estudiantes universitarios, las futuras investigaciones deberían incluir un enfoque más amplio, considerando variables adicionales, como el nivel de endeudamiento, el apoyo familiar o institucional, y las estrategias de ahorro que utilizan los estudiantes. También se debe evaluar el impacto de los hábitos financieros en su bienestar académico y personal. La identificación de patrones de consumo más complejos permitirá a los investigadores y a las instituciones educativas implementar estrategias más efectivas para apoyar el desarrollo económico de los jóvenes en la universidad, contribuyendo a su bienestar económico y académico a largo plazo. Este trabajo puede servir como punto de partida para futuras investigaciones y la implementación de políticas financieras dirigidas a mejorar la educación y gestión económica de los estudiantes universitarios.

## Referencias

- Ahmad, N., Hamat, M., Alias, F., Mohamed, S., & Shuaib, N. (2024). Understanding the Relationship Between Financial Literacy and Spending Habits in University Students. *Understanding the Relationship Between Financial Literacy and Spending Habits in University Students*, 14(9). doi:10.6007/IJARBSS/v14-i9/22785
- Arellano, A., & Peña, D. (2020). Modelos de regresión lineal para predecir el consumo de agua. *Novasínergia vol.3 no.1*.
- Azid, N. N., Siti Noorul Ain Nor Azemi, Nurul Hafizah Azizan, Ahmad Syafiq Ahmad Raston, Nurul Akmal Abdullah, Siti Murni Bahrin, & Wan Faizah Wan Yaacob. (2024). Multiple Linear Regression Analysis on Factors Affecting Financial Literacy among Undergraduate Students. *Journal of Mathematics and Computing Science*, 10(2), 74-83. Obtenido de <https://journal.uitm.edu.my/ojs/index.php/JMCS/article/view/4506/2467>

- González, J. C., León, K. R., Sánchez, M. Y., & Hernández, R. M. (2023). Análisis Factorial del comportamiento y decisiones de consumo de los estudiantes de la Facultad de Economía de la Universidad Veracruzana. *Uuserva*. doi:10.25009/uvs.vi16.2914
- Hernández, H. (2018). Metodología basada en un estudio de regresión lineal para la determinación de la posición de montaje óptima del engranaje de accionamiento de un diferencial automotriz de tracción trasera. *RIIT. Rev. int. investig. innov. tecnol. vol.6 no.32*.
- Martína, R. D., & Contreras, G. S. (2015). Aplicación del método de los mínimos cuadrados para la obtención de los parámetros de los modelos de Henderson y Chung-Pfost. *Educ. quím vol.26 no.2*. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2015000200009](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2015000200009)
- Mateus, E. O., & Hernández, H. F. (2016). Hábitos y preferencias de consumo. Consumo en estudiantes universitarios. *Dimensión Empresarial*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/307555294\\_HABITOS\\_Y\\_PREFERENCIAS\\_DE\\_CONSUMO\\_CONSUMO\\_EN\\_ESTUDIANTES\\_UNIVERSITARIOS\\_CONSUMER\\_HABITS\\_AND\\_PREFERENCES\\_CONSUMPTION\\_IN\\_UNIVERSITY\\_STUDENTS\\_HABITOS\\_DE\\_CONSUMO\\_E\\_PREFERENCIAS\\_CONSUMO\\_EM\\_ESTUDANTES\\_UNIVE/lin](https://www.researchgate.net/publication/307555294_HABITOS_Y_PREFERENCIAS_DE_CONSUMO_CONSUMO_EN_ESTUDIANTES_UNIVERSITARIOS_CONSUMER_HABITS_AND_PREFERENCES_CONSUMPTION_IN_UNIVERSITY_STUDENTS_HABITOS_DE_CONSUMO_E_PREFERENCIAS_CONSUMO_EM_ESTUDANTES_UNIVE/lin)
- Sabri, M. F., & Maurice MacDonald. (2010). Savings Behavior and Financial Problems Among College Students: The Role of Financial Literacy in Malaysia. *C ROSS - CULTURAL COMMUNICATION*, 6(3), 103 - 110. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/50946039\\_Savings\\_Behavior\\_and\\_Financial\\_Problems\\_among\\_College\\_Students\\_The\\_Role\\_of\\_Financial\\_Literacy\\_in\\_Malaysia?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.researchgate.net/publication/50946039_Savings_Behavior_and_Financial_Problems_among_College_Students_The_Role_of_Financial_Literacy_in_Malaysia?utm_source=chatgpt.com)

# Innovación social a través de las tecnologías de la información y la comunicación desde el enfoque del Design Thinking

Jarillo Dávila Galilea<sup>1</sup>, Margarita Ramírez Ramírez<sup>1</sup>, Hilda Beatriz Ramírez Moreno<sup>1</sup>,  
Fernando Christian Gandarilla Carrillo<sup>1</sup>.

a1206207@uabc.edu.mx; maguiram@uabc.edu.mx; ramirezmb@uabc.edu.mx;  
christian.gandarilla@uabc.edu.mx

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana B.C., México.

Pages: 241-251

**Resumen:** El presente artículo muestra el proceso del diseño de un prototipo que toma como base la metodología del Design Thinking, la cual se enfoca en la resolución de problemas y permite generar soluciones centradas en las personas (Asana, 2022). Por medio de un análisis se determinó el desarrollo de un prototipo en beneficio de las personas en contexto de movilidad humana para promover un eficiente uso de recursos y con ello materializar sus derechos humanos mediante la innovación social y el trabajo coordinado con las organizaciones de la sociedad civil.

**Palabras-clave:** Design Thinking; migración; innovación social; Objetivos de Desarrollo Sostenible.

## *Social innovation through information and communication technologies from the perspective of Design Thinking*

**Abstract:** This article shows the process of the design of a prototype based on the Design Thinking methodology, which focuses on problem solving and allows generating people-centered solutions (Asana, 2022). Through an analysis, it was determined the development of a prototype for the benefit of people in the context of human mobility to promote an efficient use of resources and thus materialize their human rights through social innovation and coordinated work with civil society organizations.

**Keywords:** Design thinking; human mobility; social innovation; SDGs.

## 1. Introducción

Este artículo aborda el fenómeno migratorio en la ciudad de Tijuana a través de distintos escenarios y propone la elaboración de un prototipo de herramienta tecnológica basándose en la metodología del Design Thinking.

Este prototipo de herramienta digital pretende facilitar información a las personas en contexto de movilidad humana que transitan o bien a quienes deciden establecerse en la ciudad, con el fin de que puedan ejercer sus derechos como cualquier otro habitante. Tener acceso a la información servirá para ejercer sus derechos humanos entre los que destacan el derecho a la ciudad, traslados seguros, así como sus trámites y diligencias en la ciudad de Tijuana.

Se muestra el Design Thinking, como la metodología ideal para desarrollar la herramienta digital, dado que en esta metodología el enfoque se centra en las personas, entre las ventajas significativas y el impacto en la sociedad destacan entre ellas el trabajo colaborativo, la empatía, la creatividad entre otras. Desde esta perspectiva se desarrolla un prototipo basado en las necesidades de las personas en contexto de movilidad, donde se trabajará de manera coordinada con la Coalición Pro-Defensa del Migrante A.C, la cual es una red de organizaciones civiles de carácter regional con sede en el Estado de Baja California, tienen sede en las ciudades de Tijuana y Mexicali. Fue formada en 1996 e integrada por seis organizaciones Casa del Migrante en Tijuana A.C, Albergue del Desierto A.C., Centro de Reintegración Familiar de Menores Migrantes, A.C., Instituto Madre Asunta, Casa YMCA para Menores Migrantes, Centro de Apoyo al Trabajador Migrante A.C., Comité de Promoción para el Desarrollo de Mexicali, A.C, Centro de Derechos Humanos y Educación Cívica A.C. (Coalipro, 2022). Las asociaciones civiles realizan sus labores mediante la colaboración con voluntarios. Un estudio realizado en 2020 reconoce el papel fundamental del voluntariado para la atención de distintos grupos de atención prioritaria: “Muchas de estas organizaciones de sociedad civil llevan a cabo sus labores con el apoyo de voluntarios, quienes desempeñan un papel relevante en el asentamiento efectivo de los migrantes a corto plazo” (Cerdá Suárez Luis Manuel, 2020).

## 2. Problemática

La frontera entre Tijuana y San Diego es una de las más transitadas del mundo. Se producen aproximadamente 100,000 cruces peatonales diarios (Llorente, 2022). De acuerdo con el Diagnóstico de la movilidad en Baja California hay 269,985 personas en contexto de movilidad, de las cuales, 78.3% son personas en contexto de movilidad del mismo estado, 15.8% personas en contexto de movilidad de origen internacional y 5.9% personas en contexto de movilidad del municipio (Secretaría de Gobernación, 2022). Entre las principales causas de la migración en Baja California se encuentran los motivos laborales 43.7%, seguida de la reunificación familiar 36.4%. Además, es importante agregar que en Tijuana reside el 59.6% de la población migrante total del estado (Secretaría de Gobernación, 2022).

En Tijuana convergen diversos flujos migratorios hacia el interior y exterior del país; flujos mixtos de poblaciones. Para hablar de movilidad humana (migración) en la frontera norte de México, se debe abordar como un problema complejo puesto que la solución representa una dificultad, los problemas complejos están incompletos o están en constante cambio (Leinonen & Durall, 2014). Para comprender un poco más de la movilidad humana es necesario explicar la complejidad de esta, México presenta tres presiones migratorias, la primera en la frontera norte con Estados Unidos al registrar

a más de 13 mil 200 personas asistidas para reingresar a ese país. La segunda, la movilidad interna en la que, hay más de 379 mil mexicanos desplazados, de esta cifra 29 mil fueron en el 2021. La tercera corresponde a lo que ocurre en el sur de México, donde dependencias gubernamentales indican hay más de 131 mil solicitudes de asilo, de las cuales, el 70 por ciento se registra en Chiapas (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2022).

Las caravanas migrantes tienen antecedentes en el 2016, cuando llegaron masivamente personas de nacionalidad haitiana “16 mil haitianos decidieron llegar para pernoctar por seis meses, entre octubre de 2016 y abril de 2017” (García, 2019).

En 2018 las caravanas migrantes seguían llegando a Tijuana, el primer contingente en llegar fue integrado por personas de la comunidad lgbtqi+, así como mujeres y Niñas, Niños y Adolescentes (NNA). Investigadores documentaron que la organización para la conformación de las caravanas se realizó a través redes sociales como Facebook y WhatsApp; “Se destaca la que empezó a convocarse el 5 de octubre de 2018 en Honduras por medio del despliegue generado en los medios de comunicación, en las redes sociales y por las reacciones polarizadas en diversos grupos sociales y políticos (principalmente Facebook y WhatsApp), denominada: “Marcha del migrante” (Castañeda & Osorio, 2019).

Las personas en contexto de movilidad hicieron uso de las herramientas que tenían a su alcance para buscar apoyo de los actores sociales en su travesía hacia Estados Unidos.

En 2018 al llegar a la ciudad contaban con asesoría legal por parte de abogados y redes de apoyo que hicieron a través de Facebook “Este primer grupo está conformado en 90% por viajeros hondureños, y el resto proceden de Nicaragua y El Salvador. La casa a la que llegaron, en la delegación Playas de Tijuana, la rentaron con ayuda de abogados de los Estados Unidos a través de la aplicación Airbnb” (Torres, 2018).

### **3. Justificación**

La movilidad humana es considerada como prioridad en la Agenda de Desarrollo Sostenible debido al incremento de este fenómeno en diversos países. “El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 10 propone facilitar la migración y la movilidad ordenada, segura, regular y responsable de las personas, mediante la aplicación de políticas migratorias planificadas y bien gestionadas. Para contribuir en su consecución, 160 países firmaron el Pacto Mundial para una Migración, Segura, Ordenada y Regular a fines de 2018” (Organización Internacional de las Migraciones, 2020).

Derivado de los acontecimientos antes mencionados se detectó la necesidad de crear una herramienta tecnológica que sirva para canalizar a las personas en contexto de movilidad. Por medio de esta herramienta se busca que las personas potencialicen la toma de decisiones, lo cual impactará su futuro de manera positiva, dado que, en caso de tener dudas específicas o particulares podrán contactarse con las autoridades u organizaciones que puedan atender sus dudas. Por ello es de importancia que a través de este micrositio las personas conozcan su entorno y las posibilidades con las que cuentan, ya sea para retornar a su lugar de origen, solicitar un documento en particular, iniciar un trámite o solicitar información en el consulado de su origen. A través de esta propuesta



se transformará la experiencia de los flujos migratorios y cómo se desenvuelven en la ciudad, partiendo del uso de las tecnologías para reducir las desigualdades sociales.

#### **4. Objetivo General y Específicos**

El objetivo del proyecto es desarrollar un prototipo de un micrositio basado en las necesidades de la Coalipro, como apoyo a la movilidad humana, en Tijuana B.C., Caso de Innovación Social.,

En aras de cumplir con este objetivo se establecen los objetivos específicos para que se lleve a cabo el desarrollo del prototipo:

- Realizar un análisis preliminar para determinar requerimientos y necesidades específicas de información proporcionados por los integrantes de la Coalipro.
- Diseñar el prototipo de un micrositio amigable que ofrezca información requerida por las personas en contexto de movilidad humana.

#### **5. Marco Teórico**

Es necesario contemplar el concepto de diseño universal para la realización del proyecto, asimismo es necesario considerar en las necesidades de un sector en específico, en este caso son las necesidades detectadas por Coalipro. El concepto de diseño universal hace referencia al diseño de productos, entornos y servicios que serán usados por todas las personas, al máximo posible, sin adaptaciones o necesidad de un diseño especializado (Gobierno de México, 2016).

##### **5.1. Características de un micrositio accesible e inclusivo**

World Wide Web Consortium (W3C por sus siglas en inglés), promueve a través de estándares apegados al reconocimiento e inclusión de las personas que pertenecen a los grupos de atención prioritaria, no únicamente para México sino a nivel mundial, en los cuales se establecen tipos de accesibilidad, las características que se deben cumplir, para lograr la idea de accesibilidad universal (W3C, 2016). A menudo se deben de considerar los ajustes razonables en el diseño de contenidos para asegurar la incluir a más personas en la experiencia igualitaria de acceso a la información (Tecnológico de Monterrey, 2022). Mailchimp define a un micrositio como un pequeño sitio web que utiliza un subdominio diferente, actúa como un sitio web independiente (2023). Las características clave para un micrositio accesible se desglosan a continuación:

##### **5.2. Inclusión**

Para la W3C, el concepto de inclusión implica diversidad, así como garantizar la participación de todos en la mayor medida posible. En algunas regiones esto también se conoce como diseño universal y aborda una amplia gama de cuestiones que incluyen: acceso y calidad del hardware, software y conectividad a Internet; conocimientos y habilidades informáticas; situación económica; educación; ubicación geográfica; cultura; edad, incluidas personas mayores y más jóvenes; y lenguaje (W3C, 2016). En cuanto inclusión a través de la práctica de escucha social se encontraron algunos comentarios, tales como:

- Únicamente se pueden sacar citas si se encuentran las personas están localizadas en el norte del país: “Desde la Ciudad de México para arriba” algunos usuarios han logrado saltarse ese requisito utilizando un VPN, (Bayoud, 2023).
- Algunos migrantes, en particular los de piel más oscura, han declarado que *CBP One* rechaza las fotos requeridas, lo cual demora o resulta en el rechazo de sus solicitudes (San Diego Union Tribune, 2023).

### 5.3. Accesibilidad

La W3C menciona que la accesibilidad significa que las personas con discapacidad pueden percibir, comprender, navegar e interactuar con sitios web y herramientas por igual (W3C, 2016). En lo que concierne a este aspecto y durante el proceso de análisis de la escucha social:

- “Un poco difícil para mí porque no sé inglés y en algunas cosas no se traduce en español” (Wong, 2023).

### 5.4. Usabilidad

Según la W3C, la usabilidad está enfocada en productos efectivos, eficientes y satisfactorios, incluye el diseño de la experiencia del usuario (W3C, 2016). En relación con este tema, durante el análisis de la escucha social, se detectaron ciertos comentarios, tales como:

- “No están familiarizados con la aplicación tecnológica” (Telemundo 20, 2023).

### 5.5. Inclusión digital

La inclusión digital se podría definirse como igualdad de acceso y uso de las tecnologías de la información y la comunicación a las personas. O bien realizar inversiones necesarias para proporcionar conexión a todas las personas requerirá amplios esfuerzos de los sectores público y privado (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2022). Bien podría decirse que la inclusión digital son los esfuerzos de acercar las tecnologías de la información y la comunicación a las personas.

### 5.6. Dispositivo móvil

Al realizar un análisis de las opiniones en medios de comunicación y portales electrónicos se identificó que el dispositivo móvil es una de las herramientas más utilizadas sin embargo no es ideal para la movilidad humana. Un dispositivo móvil es un aparato de tamaño pequeño que cuenta con capacidades especiales de procesamiento, conexión a una red, memoria limitada, versatilidad entre otras (Universidad Nacional Autónoma de México, 2010). Respecto a este aspecto a través de la práctica de escucha social se encontraron algunos comentarios como:

- “La interfaz no funciona en todos teléfonos inteligentes” (Bayoud, 2023).

### 5.7. Innovación social

La conjunción de la innovación social y el uso de las tecnologías de la información y la metodología a utilizar son el motor principal de este proyecto. Además, se busca que este

proyecto se realice sin fines de lucro, promoviendo la participación ciudadana, por ello se integra el concepto de innovación social, mismo que se define como “La innovación social es impulsada por la ciudadanía a través de un proceso de colaboración horizontal para desarrollar soluciones a problemáticas cotidianas de sus entornos, las cuales no han podido ser solucionadas de manera adecuada ya sea a través de la política pública de los gobiernos” (Matus, 2020). La innovación social promueve el bienestar general de la sociedad a través de proyectos multidimensionales que buscan dar respuesta a problemas estructurales, se beneficia en mayor medida es un grupo de individuos en particular, pero también el conjunto de la sociedad (Santander Universidades, 2022).

### **5.8.Design Thinking**

El Design Thinking no está acuñado a una sola persona debido a que el concepto es producto de su evolución, desarrollo y es la suma del aporte de distintas personas. En el libro “Las ciencias de lo artificial”, se menciona que todo aquel que proyecta cursos de acción dirigidos a cambiar las situaciones existentes en situaciones deseadas, desarrolla diseño (Simon, 1996). Posteriormente el término fue desarrollado por Tim Brown y testado y mejorado por el equipo de consultoría de IDEO, desde esta perspectiva el objetivo es “encontrar al propio usuario y definir sus necesidades y al encontrar esas necesidades, crear una solución o un producto que pueda ser realmente útil. Para lograr este objetivo, esta metodología se compone de cinco fases principales: empatizar, definir, idear, prototipar y testear. El proceso no es lineal y estas fases no necesariamente tienen que ocurrir en este orden” (Ayala, 2019).

### **5.9.Social Listening / escucha social**

Social listening es una práctica de monitoreo y consiste en rastrear y analizar los medios digitales para obtener información valiosa sobre un tema específico. En ese sentido esta práctica se utiliza para comprender mejor qué es lo que el público meta desea, entre ellas destaca: Gestión de la reputación, toma de decisiones estratégicas, mejora del servicio al cliente, identificación de influenciadores, desarrollo de contenido, medición de la satisfacción del cliente, entre otros (Newberry & Macready, 2022).

## **6. Metodología**

Bajo el análisis previo de la situación actual del fenómeno migratorio en la frontera norte de México, se determinó el Design Thinking como la metodología a seguir por su enfoque centrado en las personas, la dinámica de iteración y es ideal para proyectos de carácter social (2022). La sinergia del Design Thinking y la innovación social significa una propuesta colaborativa que tiene impacto en el tejido social.

Las fases del Design Thinking son empatía, definición, idear, prototipar y evaluar, los cuales se explican más adelante (Standford D. School, 2015).

Con su enfoque en la empatía y la colaboración el Design Thinking ha demostrado ser eficaz para identificar soluciones que realmente se adapten a las necesidades de los usuarios (Jiménez, 2019), su dinámica y transversalidad se origina a partir de diversos fundamentos, como el diseño y la creatividad, psicología, marketing, entre otros (Bastidas, 2017).

## 7. Desarrollo

En este apartado se detalla el desarrollo de cada una de las fases para la elaboración del prototipo del micrositio y las actividades a realizar. El modelo que se presenta en la Figura 1 se retomó del artículo “Pensamiento de diseño y aprendizaje colaborativo”, en este se aborda el Design Thinking como un enfoque alternativo para realizar investigaciones sobre aprendizaje colaborativo con tecnología (Leinonen & Durall, 2014).

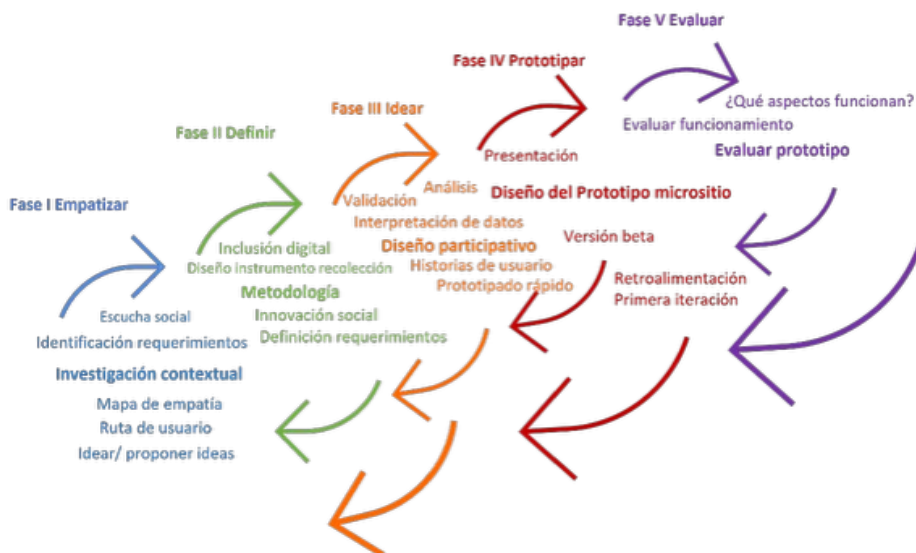


Figura 1 – Modelo Design Thinking micrositio (Leinonen & Durall, 2014).

**Fase I Empatizar:** Se empatiza con el usuario, a través de la comprensión de las necesidades de los usuarios implicados en la solución del problema y su entorno, para ello se desarrolló una investigación contextual, para explorar, conocer la problemática para ello se investigó sobre los distintos escenarios de la migración, partiendo de lo general a lo particular, se evaluaron los panoramas desde lo internacional, hasta el caso de estudio en la ciudad de Tijuana. Asimismo, con el objetivo de comprender la experiencia de la población en contexto de movilidad y su interacción con la aplicación CBP ONE, se llevó a cabo la práctica de escucha social, donde se documentó la experiencia con la aplicación antes mencionada. Para conocer aún más la realidad de los usuarios se utilizan herramientas como mapa de empatía y la ruta de usuario, técnicas cualitativas tales como la observación, entrevistas semiestructuradas y el focus group.

**Fase II Definir:** Se determinaron los conceptos preliminares, como la innovación social, inclusión digital y la metodología ideal para realizar el proyecto tomando en cuenta las características del usuario. Durante el desarrollo de este proyecto se ideó

un producto final, para ello se realizó una lluvia de ideas, entre ellas están: kioscos informativos, aplicación para Android y dispositivos iOS, entre otros. La práctica de escucha social y el análisis de alrededor de doce portales y aplicaciones permiten la toma de decisiones y así definir el uso de un micrositio, por las experiencias con la aplicación CBP ONE. Se monitorearon con el objetivo de conocer las necesidades de los usuarios sobre la herramienta digital “CBP ONE”, la cual ha sido impulsada por el Gobierno de Estados Unidos, con el objetivo de gestionar las citas serviría para programar citas para no ciudadanos sin los documentos de viaje apropiados, a partir de enero del 2023 (CBP, 2023). Una vez que se conoce a profundidad la situación del usuario se define la problemática que se va a atacar y/o innovar.

**Fase III Idear:** En el desarrollo del proyecto se han recabado ideas que podrían sumar al proyecto en un futuro, por cuestiones de tiempo y presupuesto no se podrán implementar, entre las ideas destacan: Aplicación, para Android y dispositivos iOS con cobertura a nivel nacional, es decir replicar este proyecto, kioscos informativos, entre otros. Como se ha mencionado, se determinó el uso de un micrositio web por factibilidad y viabilidad.

**Fase IV Prototipar:** Tomando como base los conceptos que se han mencionado a lo largo de este artículo: Accesibilidad, inclusión y usabilidad, se diseña una versión beta, posteriormente se presenta a los integrantes de la Coalipro y se da inicio a la última fase de evaluación

**Fase V Evaluar:** Esta fase se encuentra en desarrollo, por medio de la retroalimentación las personas involucradas se realiza la evaluación del prototipo y se realizan las modificaciones hasta llegar a un punto de acuerdo, con el objetivo de alcanzar los resultados deseados.

## 8. Conclusión

Este prototipo articula la tecnología, la innovación social y el Design Thinking para abordar el fenómeno migratorio. Tomando como fundamento la inclusión digital, la cual se define como parte de los esfuerzos de acercar las tecnologías de la información y la comunicación a las personas que pertenecen a los grupos de atención prioritaria. En ese sentido también es importante reconocer a la innovación tecnológica como factor clave para la resolución de problemas sociales, “La tecnología no es un fin en sí misma, sino más bien es un catalizador para el desarrollo” (Llaque Gálvez, 2020).

Design Thinking pone en el centro a las personas, este prototipo se realizó con el fin de apoyar a la movilidad humana y así contribuir en la construcción de sociedades más inclusivas. En México persisten los prejuicios contra las personas migrantes. Por ejemplo, según la Encuesta Nacional de Migración de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), los extranjeros son, de los grupos respecto al que más desconfianza se tiene en el país (Caicedo Maritza & Morales Mena, 2015).

La migración es un movimiento de diversidad cultural, misma que debe ser vista como una oportunidad y no como una amenaza, la reinserción de las personas en contexto de movilidad se logrará cuando la sociedad aprenda a abrazar la diversidad.

## Referencias

- Asana. (15 de noviembre de 2022). *Design thinking paso a paso y cómo incorporarlo en la empresa*. Obtenido de <https://asana.com/es/resources/design-thinking-process>
- Ayala, M. (16 de Julio de 2019). *¿Qué es el pensamiento de diseño?* Obtenido de <https://medium.com/swlh/what-is-design-thinking-bafbfd454f23>
- Bastidas, W. (26 de octubre de 2017). *Design Thinking*. Obtenido de <https://medium.com/williambastidasblog/design-thinking-8e35c7848754>
- Bayoud, A. (03 de marzo de 2023). Un mejor teléfono para sortear los fallos de la app CBP One, así es la lucha por lograr asilo en EE. UU. Obtenido de <https://www.france24.com/es/am%C3%A9rica-latina/20230329-un-mejor-tel%C3%A9fono-para-sortear-los-fallos-de-la-app-cbp-one-as%C3%AD-es-la-lucha-por-lograr-asilo-en-ee-uu>
- Caicedo Maritza & Morales Mena, A. (25 de agosto de 2015). *Imaginarios de la migración internacional en México. Una mirada a los que se van y a los que llegan*. Obtenido de <http://www.losmexicanos.unam.mx/migracion/libro/html5forwebkit.html?page=0>.
- Castañeda, X., & Osorio, L. (enero de 2019). El amor en los tiempos de las cóleras: respuestas humanitarias a las caravanas migrantes. (E. Villaseñor, Ed.) *Brújula ciudadana*, 19. Obtenido de <https://www.iniciativaciudadana.org.mx/brujuaciudadana>
- CBP. (7 de septiembre de 2023). *CBP a través de los años*. Obtenido de <https://www.cbp.gov/about/history>
- Cerdá Suárez Luis Manuel, V. M. (28 de enero de 2020). Managing Cross-Border Conflicts Through Volunteer Commitment: A Comparative Study Between Religious and Non-profit Organizations in the San Diego–Tijuana Area. *Frontiers in Psychology*, 10. doi:10.3389/fpsyg.2019.02978
- Coalipro. (2022). Coalición pro defensa del migrante. *Integrantes*. Mexicali, Baja California, México. Obtenido de <http://www.coalipro.org.mx/integrantesdelared.html>
- García, O. (24 de mayo de 2019). *Magis profesiones + innovación + cultura*. Obtenido de: <https://magis.iteso.mx/nota/welcome-to-tijuana/>
- Gobierno de México. (17 de junio de 2016). *Hablemos de Diseño Universal*. Obtenido de: <https://www.gob.mx/conadis/articulos/disenio-universal#:~:text=Cuando%20nos%20referimos%20al%20Dise%C3%B1o,necesidad%20de%20un%20dise%C3%B1o%20especializado>
- Gobierno del Estado de Guanajuato. (13 de mayo de 2022). Guanajuato invitado especial en el informe de resultados de la ACNUR en México. Obtenido de <https://boletines.guanajuato.gob.mx/2022/05/13/guanajuato-invitado-especial-en-el-informe-de-resultados-de-la-acnur-en-mexico/#:~:text=Ciudad%20de%20M%C3%A9xico%2C%2013%20de%20mayo%20del%202022.&text=La%20primera%20en%20la%20frontera,mil%20fueron%20en%20e>



- Jiménez, M. F. (17 de junio de 2019). *Hostgator*. Design Thinking: Cómo aplicarlo en la creación de tu sitio web. Obtenido de <https://www.hostgator.mx/blog/design-thinking/>
- Leinonen, T., & Durall, E. (01 de enero-junio de 2014). Pensamiento de diseño y aprendizaje colaborativo. *Comunicar*, XXI, págs. 107-116. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15830197012>
- Llaque Gálvez, P. (09 de septiembre de 2020). *Instituto de Sostenibilidad*. Obtenido de, Sostenibilidad e Innovación Tecnológica: <https://institutodesostenibilidad.es/sostenibilidad-innovacion-tecnologica/>
- Llorente, A. (12 de abril de 2022). Cali Baja, la dinámica megarregión en la frontera entre Estados Unidos y México que genera millones de dólares y empleos. *BBC News Mundo*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-60891469>
- Mailchimp. (13 de enero de 2023). *¿Qué es un micrositio?* Obtenido de <https://mailchimp.com/es/resources/what-is-a-microsite/>
- Matus, M. (9 de julio de 2020). *Innovación social para soluciones a problemáticas cotidianas*. Obtenido de: <https://www.colef.mx/noticia/innovacion-social-para-soluciones-a-problematicas-cotidianas/>
- Newberry, C., & Macready, H. (1 de diciembre de 2022). *¿Qué es la escucha social y por qué es importante? + 14 herramientas para ayudar*. Obtenido de Hootsuite: <https://blog.hootsuite.com/social-listening-business/>
- Organización Internacional de las Migraciones. (23 de agosto de 2020). *Los ODS: Una oportunidad para fortalecer la Gobernanza de las Migraciones*. Obtenido de IOM: <https://rosanjose.iom.int/es/blogs/los-ods-una-oportunidad-para-fortalecer-la-gobernanza-de-las-migraciones>
- San Diego Union Tribune. (12 de Abril de 2023). Lanzarán versión de computadora de CBP One para facilitar solicitud de asilo. *San Diego Union Tribune*. Obtenido de: <https://www.sandiegouniontribune.com/en-espanol/noticias/inmigracion/articulo/2023-04-12/lanzaran-version-de-computadora-de-cbp-one-para-facilitar-solicitud-de-asilo>
- Santander Universidades. (20 de abril de 2022). Innovación social: un camino hacia el desarrollo sostenible. *Santander*. Obtenido de: <https://www.becas-santander.com/es/blog/innovacion-social.html>
- Secretaría de Gobernación. (11 de junio de 2022). *Diagnóstico de la movilidad humana en Baja California*. México: Unidad de Política Migratoria. Obtenido de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/732107/Diagnostico\\_de\\_la\\_Movilidad\\_Humana\\_en\\_Baja\\_California.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/732107/Diagnostico_de_la_Movilidad_Humana_en_Baja_California.pdf)
- Simon, H. A. (1996). *The Sciences of the Artificial* (Tercera edición ed.). Massachusetts, London, England: Massachusetts Institute of Technology. Obtenido de: [https://monoskop.org/images/9/9c/Simon\\_Herbert\\_A\\_The\\_Sciences\\_of\\_the\\_Artificial\\_3rd\\_ed.pdf](https://monoskop.org/images/9/9c/Simon_Herbert_A_The_Sciences_of_the_Artificial_3rd_ed.pdf)



- Standford D. School. (2015). *More about design thinking*. Recuperado el 2 de septiembre de 2023, de Standford Design School: <https://dschool.stanford.edu/resources/the-bootcamp-bootleg>
- Tecnológico de Monterrey. (mayo de 2022). Guía para crear contenido accesibles e inclusivos. Monterrey, Nuevo León, México. Obtenido de [https://tec.mx/sites/default/files/dignidad-humana/Guias-inclusivas/Guia\\_contenidos\\_accesibles\\_inclusivos.pdf](https://tec.mx/sites/default/files/dignidad-humana/Guias-inclusivas/Guia_contenidos_accesibles_inclusivos.pdf)
- Telemundo 20. (03 de febrero de 2023). “Lo que no sabemos le decimos y él nos ayuda”: Adolescente ayuda a migrantes con solicitudes de asilo en EEUU. *Telemundo 20*. Obtenido de: <https://www.telemundo20.com/noticias/local/lo-que-no-sabemos-le-decimos-y-el-nos-ayuda-adolescente-ayuda-a-migrantes-con-solicitudes-de-asilo-en-eeuu/2275824/>
- Torres, K. (12 de Noviembre de 2018). Vecinos de Tijuana rechazan a comunidad LGBT de la caravana migrante. *El Sol de México*. Obtenido de <https://www.elsoldemexico.com.mx/republica/sociedad/video-vecinos-de-tijuana-rechazan-a-comunidad-lgbt-de-la-caravana-migrante-2655039.html>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (octubre de 2022). *Inclusión digital para todos*. Obtenido de: <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/digital-inclusion-of-all.aspx>
- Universidad Nacional Autónoma de México. (09 de agosto de 2010). Dispositivos móviles. (A. G. Soriano, Ed.) *Seguridad cultura de prevención para TI*. Obtenido de <https://revista.seguridad.unam.mx/numero-07/dispositivos-moviles>
- W3C. (06 de mayo de 2016). *Web Accessibility Initiative*. (H. Shawn Lawton, A. Z. Shadi, K. White, Editores, & E. a. Group, Productor) Obtenido de <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-usability-inclusion/>
- Wong, A. (26 de enero de 2023). Migrantes sin celular para pedir asilo a Estados Unidos por aplicación CBP ONE. *Cadena Noticias*. Obtenido de <https://cadenanoticias.com/internacional/2023/01/migrantes-sin-celular-para-pedir-asilo-a-estados-unidos-por-aplicacion-cbp-one>

# Uso de la Televisión Digital Interactiva para la Practica de Ejercicios en Adultos Mayores como Prevención del Riesgo de Caídas y Mejora en la Composición Corporal

María Magdalena Rosado-Álvarez<sup>1,2,3</sup>, Ruth Adriana Yaguachi-Alarcón<sup>2,4</sup>,  
Carlos Luis Poveda-Loor<sup>2</sup>, Álvaro Diego Espinoza-Burgos<sup>4</sup>,  
María José Abásolo<sup>1</sup>, Telmo Silva<sup>5</sup>.

maria.rosado03@cu.ucsg.edu.ec; ruth.yaguachi@cu.ucsg.edu.ec;  
carlos.poveda@cu.ucsg.edu.ec; alvaro.espinozabug.edu.ec;  
mjabasolo@lidi.info.edu.ar; tsilva@ua.pt

<sup>1</sup> Facultad de Informática Universidad Nacional de la Plata (UNLP), Argentina.

<sup>2</sup> Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Facultad de Ciencias de la Salud. Carrera de Nutrición y Dietética. Instituto de Investigación e Innovación en Salud (ISAIN), Ecuador

<sup>3</sup> Universidad de Guayaquil. Facultad Ciencias Administrativas, Ecuador

<sup>4</sup> Universidad de Guayaquil. Facultad de Educación Física. Deportes y Recreación, Ecuador

<sup>5</sup> Universidad de Aveiro, Portugal.

**Pages: 252-262**

**Resumen:** En los últimos años, la tecnología ha ofrecido nuevas herramientas para mejorar la salud en adultos mayores. Este estudio evaluó el uso de la televisión digital interactiva como estrategia para prevenir caídas y mejorar la composición corporal en 16 adultos mayores independientes. A través de un programa de 15 sesiones de ejercicios, se observó una reducción en el peso, circunferencia de cintura, IMC y grasa corporal, junto con un aumento en masa magra y músculo esquelético. La experiencia fue valorada mediante el Self-Assessment Manikin, mostrando alta aceptación y diferencias significativas en control y activación. Estos resultados evidencian que la televisión digital puede ser una alternativa eficaz y asincrónica para fomentar la actividad física, mejorar parámetros corporales y contribuir a la calidad de vida en esta población.

**Palabras Claves:** Televisión digital; adultos mayores; composición corporal; parámetros antropométricos; riesgo de caídas.

***Use of Interactive digital television for the practice of exercises in older adults as a prevention of the risk of falls and improvement in body composition***

**Abstract:** In recent years, technology has provided new tools to improve the health of older adults. This study evaluated the use of interactive digital television

as a strategy to prevent falls and improve body composition in 16 independent older adults. Through a 15-session exercise program, reductions in body weight, waist circumference, BMI, and body fat were observed, along with increases in lean mass and skeletal muscle mass. The experience was assessed using the Self-Assessment Manikin, showing high acceptance and statistically significant differences in control and arousal. These results suggest that digital television can be an effective and asynchronous alternative to promote physical activity, improve body parameters, and contribute to quality of life in this population.

**Keyword:** Digital television; older adults; body composition; anthropometric parameters; risk of falls.

## 1. Introducción

El envejecimiento saludable es un conjunto de etapas que permite el desarrollo de oportunidades con la finalidad de lograr un mantenimiento o mejoría de un estado físico y mental, logrando independencia y calidad en el transcurso de la vida (OPS, 2021). Se encuentra condicionada a enfermedades, ya que son muy comunes a este grupo etario, por lo que establecer adecuada educación permite no sólo mantener hábitos saludables sino mejorar de la calidad de vida.

La promoción de la actividad física es importante para la creación de hábitos saludables entre la población. Los adultos mayores que no realizan actividad física tienen mayor riesgo de sufrir enfermedades crónicas no transmisibles (Ruíz, 2023), por lo que permanecer activo e independiente durante el mayor tiempo posible ayuda a los adultos mayores a medida que envejecen (Albán et al., 2020).

En la actualidad, vivimos en una sociedad claramente condicionada por el alcance de las nuevas tecnologías, y al mismo tiempo, el significativo aumento del número de adultos mayores constituye otra característica que la determina, lo que plantea la necesidad de propuestas que promuevan la calidad de vida y el bienestar en la tercera edad (Duque-Fernández et al., 2022).

En los últimos años se ha producido un incremento en el uso de la tecnología, apareciendo las herramientas TIC (acrónimo de tecnología de la información y la comunicación) como intervención para aumentar la actividad física y mejorar los problemas de salud asociados (Lucerón-Lucas-Torres & Valera-Ortín, 2022). Estas herramientas se han convertido indispensables para varios grupos y sectores de la población; el desarrollo, la innovación y la actualización de apps en los dispositivos móviles permiten una adaptación acorde a las características de los consumidores pero que algunas ocasiones no se considera una tarea fácil para diferentes grupos etarios.

Investigaciones respaldan que el uso de aplicaciones móviles como alternativas para realizar intervención en salud, son formas efectivas y aplicables que permiten un mejor autocuidado y manejo de los síntomas a cualquier sector de la población (Lee et al., 2018; Daiver, Pedraza & Álvarez, 2021).

Su empleo como una alternativa de prevención genera beneficios, así como lo demuestra un estudio cuasi-experimental realizado a un grupo de adultos mayores

institucionalizados en un centro de Arica en Chile demostró que el uso de una app móvil con ejercicios cognitivos podía generar cambios significativos en la funcionalidad de adultos (Jorquera et al., 2023), así como para el tratamiento del Alzheimer y al deterioro cognitivo (Daiver, Pedraza & Álvarez, 2021).

## **2. Objetivo**

Determinar el uso de la televisión digital interactiva para la práctica de ejercicios en adultos mayores como prevención del riesgo de caídas y mejora en la composición corporal.

## **3. Sujetos y Métodos**

Se realizó un estudio de tipo descriptivo, observacional y de cohorte, se contó con una muestra de 16 adultos mayores independientes entre las edades de 65 a 84 años, que asistieron al Laboratorio de Biomecánica de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil – Ecuador, durante los meses de julio a noviembre del 2023.

El presente estudio siguió las normas establecidas en la declaración de Helsinki para investigaciones en seres humano, lo que garantiza el buen tratamiento de los datos recolectados. Todos los participantes dieron su consentimiento informado para participar en el estudio, asegurando el anonimato de los resultados. Se incluyeron en la investigación a adultos mayores independientes que quisieran formar parte del estudio. Se excluyeron a quienes: no quisieran participar en el estudio; que padezcan lesiones auditivas/visuales, que les impide interactuar con el televisor inteligente, negligencia hemiespacial y ataxia, lesiones traumáticas no resueltas, como fracturas y alteraciones de memoria comprensiva; presenten antecedentes patológicos personales de enfermedades crónicas no trasmisible y que presenten algún tipo de incapacidad física que limite la toma de peso y talla.

### **3.1. Uso de la televisión digital interactiva (TVDi)**

Para la valoración del uso de la televisión interactiva para la práctica de ejercicios físicos en adultos mayores se utilizó el test Self-Assessment Manikin (SAM), una herramienta que mide tres dimensiones emocionales (agrado, activación y control). Cada dimensión se evalúa mediante una escala Likert de 1 a 9 puntos, donde 1 es el nivel más bajo y 9 el más alto. El SAM ofrece información valiosa acerca de los aspectos afectivos de la experiencia del usuario (Alves et al., 2023).

La dimensión de agrado se refiere a la medida en que una persona experimenta una emoción como positiva o negativa. El componente activación califica el nivel de intensidad o energía asociado con la emoción experimentada, pudiendo ser baja, moderada o alta. Y la última categoría, hace referencia a la sensación de control que experimenta una persona sobre su emoción en un momento dado, misma que puede considerarse como desesperada o insegura, preocupada o con incertidumbre, neutral y segura.

### **3.2. Práctica de ejercicios para la prevención caídas**

Se construyeron 27 videos de ejercicios que se encuentran almacenados en la aplicación PLEX server, la cual permite organizar y servir el contenido multimedia a través del internet para equipos compatibles con PLEX.

La selección de los ejercicios estuvo a cargo de un grupo de docentes fisioterapeutas de la Universidad católica de Santiago de Guayaquil, quiénes identificaron que ejercicios serían los más efectivos para la reducción en el riesgo de caídas en adultos mayores. Los ejercicios estuvieron enfocados en la mejora de la fuerza, resistencia muscular, equilibrio y marcha.

Previo a la realización de los ejercicios, se efectuó un diagnóstico inicial del riesgo de caída por parte de fisioterapeutas, clasificándolo como bajo, medio y elevado. Los participantes debían realizar un tratamiento de rehabilitación que consistía en realizar una rutina de ejercicios basadas en 9 videos clasificados según el nivel de riesgo de caída diagnosticado.

La intervención consistió en un protocolo de rutina de ejercicios de 30 minutos durante 15 sesiones, realizada dos veces por semana, con una duración promedio de 7 semanas. Cada sesión se dividió en los siguientes pasos: a) Encender el televisor, b) Abrir la aplicación PLEX, c) Seleccionar y reproducir los 9 videos según el riesgo de caída diagnosticado, d) Realizar actividades por cada video, e) Cerrar la aplicación PLEX.

Los videos de los ejercicios proporcionaban las instrucciones sobre cómo llevar a cabo cada ejercicio. Además, los adultos mayores contaban con la supervisión de fisioterapeuta para garantizar que realizaran correctamente los ejercicios y recibir correcciones cuando fuera necesario, hasta que pudieran ejecutarlos de forma autónoma y segura. Además, los videos podían reproducirse tantas veces como sea necesario, lo que les brinda la oportunidad de practicar los movimientos y técnicas específicas hasta que se sientan cómodos con ellos.

Además, para asegurar la efectividad del tratamiento de rehabilitación en el adulto mayor, el fisioterapeuta utilizaba un planificador de ejercicios, lo que facilitaba la organización y supervisión de las actividades que realizaba el paciente.

### **3.3. Composición corporal**

El peso en kg y el porcentaje de grasa corporal se determinaron mediante una balanza electrónica Tanita® (SC-331S) debidamente calibrada; el adulto mayor estaba descalza y con la menor cantidad de ropa posible. La talla en cm se midió con un tallímetro marca SECA® 217 con 1 mm de precisión; el participante estaba descalzo con los talones juntos; cabeza, hombros y glúteos erguidos. La toma de la circunferencia de cintura se realizó con una cinta métrica flexible de 1 mm de precisión, para lo cual cada participante debía tener el abdomen descubierto, en posición erecta y relajada, realizándose la toma de datos al final de una espiración normal sin comprimir la cinta con la piel.

### **3.4. Análisis Estadístico**

Los datos fueron almacenados en un contenedor digital construido sobre EXCEL para OFFICE de WINDOWS. Se empleó el paquete estadístico SPSS versión 27.0 para el

procesamiento de los datos y el análisis de los resultados, aplicando la prueba T de variables dependientes, con un nivel de significancia de  $p < 0,05$ , para determinar las diferencias estadísticas antes y después de la aplicación ejercicios mediante el uso de la televisión digital interactiva.

4. Resultados

La muestra de investigación estuvo constituida por 16 adultos mayores 8 varones y 8 mujeres, con una edad que fluctuó entre los 65 a 84 años con un promedio de  $73,1 \pm 4,4$ .

En la tabla 1 se puede observar la composición corporal antes y después del uso de la televisión digital para la práctica de ejercicio físico, observándose una reducción de los valores de peso corporal ( $70,74 \pm 13,67$  vs  $68,31 \pm 14,01$ ;  $\Delta = -2,43$ ;  $p < 0,001$ ), circunferencia de la cintura ( $88,24 \pm 9,58$  vs  $85,63 \pm 8,82$ ;  $\Delta = -2,65$ ;  $p < 0,001$ ), IMC ( $28,54 \pm 3,95$  vs  $27,57 \pm 3,59$ ;  $\Delta = -0,97$ ;  $p < 0,001$ ), grasa corporal ( $0,33 \pm 0,11$  vs  $0,31 \pm 0,12$ ;  $\Delta = -0,02$ ;  $p < 0,001$ ) y visceral ( $1,94 \pm 1,02$  vs  $1,57 \pm 0,87$ ;  $\Delta = -0,37$ ;  $p < 0,001$ ). Sin embargo, se evidencia un ligero incremento de la masa magra ( $0,65 \pm 0,10$  vs  $0,67 \pm 0,12$ ;  $\Delta = +1,32$ ;  $p < 0,001$ ) y masa musculo esquelético total ( $20,01 \pm 6,30$  vs  $21,06 \pm 6,60$ ;  $\Delta = +1,05$ ;  $p < 0,001$ ) y por segmentos corporales; brazo derecho ( $1,28 \pm 0,48$  vs  $1,39 \pm 0,53$ ;  $\Delta = +0,11$ ;  $p < 0,001$ ), brazo izquierdo ( $1,22 \pm 0,41$  vs  $1,33 \pm 0,49$ ;  $\Delta = +0,11$ ;  $p < 0,001$ ), pierna derecha ( $4,46 \pm 1,48$  vs  $4,65 \pm 1,48$ ;  $\Delta = +0,19$ ;  $p < 0,001$ ), pierna izquierda ( $4,39 \pm 1,47$  vs  $4,55 \pm 1,50$ ;  $\Delta = +0,16$ ;  $p < 0,001$ ) y torso ( $9,94 \pm 3,17$  vs  $10,53 \pm 3,32$ ;  $\Delta = +0,59$ ;  $p < 0,001$ ). Finalmente, con respecto al nivel de satisfacción del uso de la televisión digital se reflejó diferencias estadísticamente significativas solo en el estímulo de control y activación ( $p < 0,05$ ), como se explica con detalle en la tabla 1.

| Variable                               | Uso de la Televisión Digital Interactiva |                |               |               | Valor- p*          |
|----------------------------------------|------------------------------------------|----------------|---------------|---------------|--------------------|
|                                        | Antes                                    | Después        |               |               |                    |
|                                        | Media ± DE                               | Min - Max      | Media ± DE    | Min - Max     |                    |
| Peso (Kg)                              | 70,74 ± 13,67                            | 42,15 - 99,10  | 68,31 ± 14,01 | 42,10 - 96,50 | <0,001             |
| Circunferencia cintura (cm)            | 88,24 ± 9,58                             | 65,00 - 101,00 | 85,63 ± 8,82  | 64,00 -97,00  | <0,001             |
| IMC (Kg/m²)                            | 28,54 ± 3,95                             | 20,53 - 34,28  | 27,57 ± 3,59  | 21,35 - 33,00 | <0,001             |
| Grasa Corporal (%)                     | 0,33 ± 0,11                              | 0,08 - 0,50    | 0,31 ± 0,12   | 0,03 - 0,48   | <0,001             |
| Masa Magra (%)                         | 0,65 ± 0,10                              | 0,50 - 0,92    | 0,67 ± 0,12   | 0,52 - 0,97   | <0,001             |
| Masa Músculo Esquelético (Kg)          | 20,01± 6,30                              | 8,99 - 33,15   | 21,06 ± 6,60  | 9,30 - 35,62  | <0,001             |
| Masa Musculo Esquelético por segmentos | Brazo derecho (Kg)                       | 1,28 ± 0,48    | 0,47 - 2,13   | 1,39 ± 0,53   | 0,52 - 2,57 <0,001 |

| Variable            | Uso de la Televisión Digital Interactiva |             |              |              | Valor- p*    |        |
|---------------------|------------------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------|
|                     | Antes                                    | Después     |              |              |              |        |
|                     | Media ± DE                               | Min - Max   | Media ± DE   | Min - Max    |              |        |
|                     | Brazo Izquierdo (Kg)                     | 1,22 ± 0,41 | 0,53 - 1,72  | 1,33 ± 0,49  | 0,59 - 2,29  | <0,011 |
|                     | Pierna derecha (Kg)                      | 4,46 ± 1,48 | 1,98 - 7,65  | 4,65 ± 1,48  | 2,00 - 7,81  | <0,001 |
|                     | Pierna Izquierda                         | 4,39 ± 1,47 | 1,88 - 7,79  | 4,55 ± 1,50  | 1,91 - 8,02  | <0,001 |
|                     | Torso (Kg)                               | 9,94 ± 3,17 | 4,30 - 16,10 | 10,53 ± 3,32 | 4,80 - 17,50 | <0,001 |
| Grasa Visceral (Kg) | 1,94 ± 1,02                              | 0,40 - 3,70 | 1,57 ± 0,87  | 0,30 - 2,81  | <0,001       |        |
| Estímulo            | Agrado                                   | 7,63 ± 1,59 | 5,00 - 9,00  | 7,38 ± 1,31  | 5,00 - 9,00  | 0,122  |
|                     | Control                                  | 7,69 ± 1,01 | 5,00 - 9,00  | 8,4 ± 0,72   | 7,00 - 9,00  | 0,006  |
|                     | Activación                               | 7,38 ± 1,02 | 5,00 - 9,00  | 8,44 ± 0,73  | 7,00 - 9,00  | 0,046  |

\*Valor de p según la prueba T

Tabla 1 – Composición corporal y nivel de satisfacción antes y después del uso de la televisión digital interactiva

5. Discusión

La inactividad física incrementa el riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles en todos los grupos etarios, y aún en quienes presenten factores de riesgo (OMS, 2022; Cintra & Balboa, 2011). Es así que, el sedentarismo en adultos mayores afecta su aptitud motora y de esfuerzo, repercutiendo a largo plazo su independencia y calidad de vida (Carrera et al., 2023). En Ecuador en adultos de 45 a 69 años se ha reportado una prevalencia de inactividad física cercanos al 25% (INEC, 2023). De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), para los adultos mayores de 65 años siempre y cuando no tengan la movilidad reducida, se recomienda la realización de actividad física con la finalidad de producir mejorías en las funciones cognitivas, musculares y cardiorrespiratorias; reduciendo así el riesgo de padecer enfermedades no transmisibles; la ejecución de actividades moderadas del tipo aeróbico con una duración de 150 minutos semanales o llevar a cabo una actividad vigorosa aeróbica durante 75 minutos., también pudiéndose considerar una combinación de ambas son opciones para el mantenimiento de un estado de bienestar (OPS, s. f.).



El ejercicio físico en adultos mayores ayuda a mejorar su salud de manera extraordinaria cuando se ejecuta de manera adecuada (Erazo & Valderrama, 2022).

Un buen trabajo muscular localizado es de gran beneficio para la persona mayor, ya que permitirá tonificar los músculos, mejorando su fuerza y movilidad, pero hay que extremar los cuidados de prevención de lesiones y caídas (Moreno, 2005); siendo este último, una de las causas más frecuentes de traumatismo que aquejan al adulto mayor, además los estudios han revelado que la prevalencia de caídas en adultos mayores es del 25,0% (Lavedán Santamaría et al., 2015). Entre las causas se encuentran las asociadas con el propio proceso de envejecimiento, antecedentes patológicos personas de enfermedades agudas y crónicas, consumo excesivo de medicamentos y otros factores relacionados con el medio donde se desenvuelve el adulto mayor (Silva-Fhon et al., 2019). El objetivo del tratamiento consiste en mejorar las enfermedades subyacentes y manejar las consecuencias derivadas de las caídas, así como mejorar la independencia, movilidad y en el desempeño en sus actividades diarias (Montes-Castillo et al., 2000).

La fisioterapia ayuda a prevenir y recuperar la salud de los individuos, promoviendo su independencia, aplicando métodos y técnicas basadas en el conocimiento del cuerpo humano, sus movimientos, funciones y su interacción con el entorno. En el adulto mayor la terapia física ayuda a mantener la masa ósea y reducir el riesgo de caídas (Landinez Parra et al., 2012). Si bien este tipo de rehabilitación con ejercicios se basa en métodos tradicionales sin el uso de tecnología avanzada, en la actualidad se integra en el proceso del tratamiento el manejo de dispositivos, aplicaciones y herramientas tecnológicas. La aplicación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) pueden ser una herramienta valiosa para ayudar a los adultos mayores a cuidar de su salud e incluso el establecimiento de programas de terapia física en conjunto a la tele rehabilitación actualmente son considerados viables y efectivos comparados con la rehabilitación convencional (Ortiz-Piña et al., 2021; Saito & Izawa, 2021; Cottrell et al., 2017)

Estudios han demostrado que las TIC más utilizadas para este propósito son los dispositivos móviles, los sensores y las plataformas web para el servicio de salud (Rosado et al., 2019).

Por lo expuesto anteriormente el presente estudio tuvo como objetivo determinar el uso de la televisión digital interactiva para la práctica de ejercicios en adultos mayores como prevención del riesgo de caídas, en la que no solo se evaluó el manejo de esta herramienta tecnológica, sino también se valoró los parámetros antropométricos de los participantes antes y después de la práctica de ejercicios de tele rehabilitación. Es así que, se evidenció una reducción de peso (2,43 kg), circunferencia de cintura (2,65 cm), IMC (0,97 kg/m<sup>2</sup>), grasa corporal (0,02%) y grasa visceral (0,37%), no obstante, se mostró un incremento de la masa músculo esquelético total (1,05%) y por segmentos. Aunque los estudios sobre la tele rehabilitación y cambios en la composición corporal son limitados, investigaciones realizadas en adultos mayores donde se mide el efecto de programas de actividad física en la composición corporal han demostrado una disminución ligeramente significativa en cuanto al peso (71,0 ± 11,71 vs 70,52 ± 12,07;  $\Delta = -0,48$ ), grasa corporal (34,37 ± 7,41 vs 33,83 ± 7,26;  $\Delta = -0,5$ ), IMC (28,70 ± 4,75 vs 28,50 ± 4,91;  $\Delta = -0,2$ ) y circunferencia cintura (91,0 ± 10,54 vs 90,27 ± 9,25;  $\Delta = -0,3$ ) (Loría Calderón & Rodríguez-Hernandez, 2018).

Por otra parte, mediante la aplicación del test de maniquí que valora 3 componentes para medir las emociones que experimenta el adulto mayor con el uso de la televisión digital, la cual tiene una escala de 1 a 9, donde 1 es el nivel más bajo y 9 el más alto, se observó en la dimensión “agrado” que la media disminuyó de 7,63 a 7,38, lo que se interpretaría que la expectativa posterior al uso de la televisión digital declinó ligeramente. Por el contrario, tanto en la dimensión de “control” y “activación” hubo un incremento de la emoción experimentada antes y después del uso de la televisión digital (7,69 vs 8,4; 7,38 vs 8,44 respectivamente). Los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a estudios realizados en el mismo grupo poblacional, pero con la aplicación de diferentes herramientas tecnológicas, estas investigaciones han sugerido que un 90% de adultos mayores perciben las plataformas digitales en televisión como útiles, un 92% como fáciles de manejar y un 76% expresan su interés por mantener su uso en sus hogares (Rivas Costa et al., 2017). En otro estudio realizado en época de pandemia, con el objetivo de promover el ejercicio físico en casa y describir la usabilidad, la accionabilidad y la comprensión de videos. Se crearon videos de ejercicio físico y educación sobre dolor en personas mayores de 60 años. La intervención consistió en el uso independiente de videos en casa durante 4 semanas. Se tuvo como resultado que la mayoría de las participantes calificaron a los videos como comprensible (91,2%), con buena accionabilidad (97,1%) y usabilidad (67,6%). De la misma manera, el nivel de satisfacción con el uso de herramienta y ejercicios fue alta (97,1%) (Calvo Sánchez et al., 2022).

## 6. Conclusión

La televisión digital puede ser utilizada como alternativa de trabajo asincrónico, para promover la práctica de ejercicio físico en adultos mayores, ya que además de tener buena aceptabilidad, mejora la composición corporal, logrando así, prevenir el riesgo de caídas y mejorar su calidad de vida.

## Referencias

- Albán, G. P. G., Cordonez, F. M. J., Masacón, M. R. H., & Cabezas, P. D. P. S. (2020). Importancia de la usabilidad y accesibilidad en los juegos digitales y su contribución en la mejora de la calidad de vida en los adultos mayores. *Journal of Science and Research*, 5(CICACI), Article CICACI. 176-193. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4728044>
- Alves, M., Júlio, L., Teixeira, A. y Silva, T. (2023). Avaliação em ambiente real de utilização de uma plataforma de criação de jornais escolares. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (51), 5-20. <https://doi.org/10.17013/risti.51.5-20>
- Carrera, P. A. C., Munive, J. E. N., Guillermo, Q. R. M., & Rivera, D. A. P. (2023). El Sedentarismo en el Adulto Mayor: Revisión Sistemática. *Domino de las Ciencias*, 9(3), 483-499. <https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3453>

- Calvo Sánchez, M. F., Román Ureta, C., Basualto Alfaro, P., Bannen García-Huidobro, G., & Chamorro Giné, M. (2022). [Experience in the use of videos for the promotion of physical exercise at home in online mode in older adults in Chile during the COVID-19 pandemic]. *Revista española de geriatría y gerontología*, 57(2), 79-84. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2022.01.009>
- Cintra, C. O., & Balboa, N. Y. (2011). La actividad física: un aporte para la salud. *Lecturas: Educación física y deportes*, (159), 5 <http://www.efdeportes.com/efd159/la-actividad-fisica-para-la-salud.htm>
- Cottrell, M. A., Galea, O. A., O'Leary, S. P., Hill, A. J., & Russell, T. G. (2017). Real-time telerehabilitation for the treatment of musculoskeletal conditions is effective and comparable to standard practice: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 31(5), 625–638. <https://doi.org/10.1177/0269215516645148>
- Daiver, D. M., Pedraza, C. L. D., & Álvarez, D. J. S. (2021). Implementación de una aplicación móvil como herramienta de prevención del alzheimer y el deterioro cognitivo en adultos mayores. *Infometric@-Serie Ingeniería, Básicas y Agrícolas*, 4(1) <http://infometrica.org/index.php/syh/article/view/169/198>
- Duque-Fernández, L. M., Cornejo, R., Ornelas-Contreras, M., Benavides-Pando, E. V., & Ordoñez-Medina, O. E. (2022). Actividad física para adultos mayores con videojuegos serios. *RECIE. Revista Caribeña de Investigación Educativa*, 6(1), 104-119. <https://doi.org/10.32541/recie.2022.v6i1.pp104-119>
- Erazo E., Y., & Valderrama P., J. (2022). Ejercicios para el adulto mayor con hipertensión arterial. Disponible en: <https://convencionsalud.sld.cu/index.php/convencionsalud22/2022/paper/viewFile/2436/1505>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2023). Actividad Física y Sedentarismo. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/actividad-fisica-y-sedentarismo/>
- Jorquera-Cáceres, I.; Beserra, V.; Acevedo-Arancibia, P.; Cuadros-Quintana, M. (2023). Efectos del uso de una APP Móvil de ejercicios cognitivos sobre la funcionalidad de adultos mayores institucionalizados, un estudio cuasi-experimental. *J. health med. sci.*, 9(1):17-26. <https://revistas.uta.cl/pdf/1352/04-jorquera%20rev.9.1%201.pdf>
- Landinez Parra, N. S., Contreras Valencia, K., & Castro Villamil, Á. (2012). Proceso de envejecimiento, ejercicio y fisioterapia. *Revista Cubana de Salud Pública*, 38(4), 562–580. <https://www.scielo.org/pdf/rcsp/v38n4/spu08412.pdf>
- Lavedán Santamaría, A., Jürschik Giménez, P., Botigué Satorra, T., Nuin Orrio, C., & Viladrosa Montoy, M. (2015). Prevalencia y factores asociados a caídas en adultos mayores que viven en la comunidad. *Atención primaria*, 47(6), 367–375. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2014.07.012>
- Lee, M., Lee, H., Kim, Y., Kim, J., Cho, M., Jang, J., & Jang, H. (2018). Mobile app-based health promotion programs: A systematic review of the literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(12), 2838. <https://doi.org/10.3390/ijerph15122838>

- Loría Calderón, T. M., & Rodríguez-Hernandez, M. (2018). Efecto de un programa de 18 semanas de actividad física sobre la capacidad aeróbica, la fuerza y la composición corporal en personas adultas mayores. *Pensamiento Actual*, 18(30), 125-135. <https://doi.org/10.15517/pa.v18i30.33815>
- Lucerón-Lucas-Torres, M. I., & Valera-Ortín, J. (2022). TIC en actividad física y parámetros cardiovasculares en mayores: Una revisión. *Enfermería Clínica*, 32(3), 171-183. <https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2021.05.003>
- Moreno G. A. (2005). Incidencia de la Actividad Física en el adulto mayor. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 5 (19), 222-237. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista20/artvejez16.htm>
- Montes-Castillo ML, Pérez BMLI, Díaz-Barriga AS, et al. (2000). El balance y las caídas en la tercera edad: consecuencias, evaluación y tratamiento. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 12(1), 16-20. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=2907>
- Organización Mundial de la Salud. (2022). Actividad física. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- Organización Panamericana de la Salud. (s. f.). Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud—OPS/OMS. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/9-5-2012-recomendaciones-mundiales-sobre-actividad-fisica-para-salud>
- Organización Panamericana de la Salud. (2021). Construir la salud a lo largo del curso de vida. Conceptos, implicaciones y aplicación en la salud pública. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/53368>
- Ortiz-Piña, M., Molina-Garcia, P., Femia, P., Ashe, M. C., Martín-Martín, L., Salazar-Graván, S., Salas-Fariña, Z., Prieto-Moreno, R., Castellote-Caballero, Y., Estevez-Lopez, F., & Ariza-Vega, P. (2021). Effects of Tele-rehabilitation compared with home-based in-person rehabilitation for older adult's function after hip fracture. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5493. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105493>
- Rivas Costa, C., Fernández Iglesias, M. J., Anido Rifón, L. E., Gómez Carballa, M., & Valladares Rodríguez, S. (2017). The acceptability of TV-based game platforms as an instrument to support the cognitive evaluation of senior adults at home. *PeerJ*, 5(e2845), e2845. <https://doi.org/10.7717/peerj.2845>
- Rosado, M. J. A., Silva, T., Pina, J., Socorro, R., Kulesza, R., de Souza Filho, G. L., De Giusti, A., Naiouf, M., & Pesado, P. (2021). La Televisión Digital Interactiva para el mejoramiento de los pueblos latinoamericanos. Disponible en: <https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/120112/Ponencia.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rosado, M., Abásolo, M. J., & Silva, T. (2019). ICT oriented to the elderly and their active aging: a systematic review. In *Iberoamerican Conference on Applications and Usability of Interactive TV* (pp. 134-155). Cham: Springer International Publishing

- Ruíz, S. (2023). Salud digital. *Revista de Formación Continuada de la Sociedad Española de Medicina de la Adolescencia*, XI (1), 38–46. Disponible en: [https://www.adolescere.es/revista/pdf/volumen-XI-n1-2023/2023-n1-38\\_46\\_Tema-de-revision-Salud-digital-MA.Salmeron.pdf](https://www.adolescere.es/revista/pdf/volumen-XI-n1-2023/2023-n1-38_46_Tema-de-revision-Salud-digital-MA.Salmeron.pdf)
- Saito, T., & Izawa, K. P. (2021). Effectiveness and feasibility of home-based telerehabilitation for community-dwelling elderly people in Southeast Asian countries and regions: a systematic review. *Aging Clinical and Experimental Research*, 33(10), 2657–2669. <https://doi.org/10.1007/s40520-021-01820-3>
- Silva-Fhon, J. R., Partezani-Rodrigues, R., Miyamura, K., Fuentes-Neira, W., Silva-Fhon, J. R., Partezani-Rodrigues, R., Miyamura, K., & Fuentes-Neira, W. (2019). Causas y factores asociados a las caídas del adulto mayor. *Enfermería universitaria*, 16(1), 31-40. <https://doi.org/10.22201/eneo.23958421e.2019.1.576>

# Realidad aumentada y educación inclusiva para la comunidad sorda: Una revisión sistemática

Rita Valenzuela-Romero<sup>1</sup>, Miryam Vera-Alcázar<sup>2</sup>, Florencia Herrera-Córdova<sup>3</sup>

rvalenzuelar@unsa.edu.pe; mveraa@unsa.edu.pe; 04432420.fherrera@unam.edu.pe

<sup>1</sup> Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Avenida Venezuela S/N, Arequipa, 0400, Arequipa- Perú

<sup>2</sup> Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Avenida Venezuela S/N, Arequipa, 0400, Arequipa- Perú

<sup>3</sup>La Universidad Nacional de Moquegua, Pacocha 18611, Moquegua, 18001, Moquegua-Perú

**Pages: 263-274**

**Resumen:** La realidad aumentada (RA) ha surgido como una innovadora tecnología con el potencial de revolucionar la enseñanza de la lengua de señas, ofreciendo una experiencia educativa más interactiva, inmersiva y accesible. Este artículo pretende mostrar el análisis de estudios previos sobre el uso de la RA en la instrucción de la lengua de señas, destacando tanto los beneficios como los retos que presenta. A través de una revisión sistemática de la literatura, se evaluaron estudios relevantes, seleccionándose los que cumplían con las preguntas de investigación, criterios de inclusión y exclusión, y disponían del texto completo para ser evaluados. Del total de trabajos examinados el 70% de las aplicaciones de RA fueron programadas específicamente para este propósito. Uno de los mayores beneficios del uso de la RA en la enseñanza de la lengua de señas es la colaboración inclusiva y no solo una herramienta en procesos educativos para la comunidad sorda.

**Palabras-clave:** Realidad aumentada (RA); diseño de aplicaciones RA; innovación tecnológica en RA; colaboración y tecnologías inmersivas para personas sordas

## *Augmented reality and inclusive education for the deaf community: A systematic review*

**Abstract:** Augmented reality (AR) has emerged as an innovative technology with the potential to revolutionize sign language teaching, offering a more interactive, immersive and accessible educational experience. This article aims to identify and analyze previous studies on the use of AR in sign language instruction, highlighting both the benefits and challenges it presents. Through a systematic review of the literature, relevant studies were evaluated, selecting those that met the research questions, inclusion and exclusion criteria, and had the full text available to be evaluated. Of the total works examined, 70% of the AR applications were programmed specifically for this purpose. One of the greatest benefits of using AR in sign language teaching is inclusive collaboration, not just a tool in educational processes for the deaf community.

**Keywords:** Augmented reality (AR); AR application design; technological innovation in AR; collaboration and immersive technologies for deaf people

## 1. Introducción

En la sociedad contemporánea, la igualdad de oportunidades para todas las personas es un valor fundamental (Bragg et al., 2019). En este contexto, la enseñanza de la lengua de señas se ha convertido en un área crucial para garantizar la comunicación efectiva y la plena participación de las personas sordas o con discapacidad auditiva en la vida cotidiana y en el ámbito educativo (Matthew L. Hall y Wyatte, 2019).

La integración de tecnologías emergentes, como la realidad aumentada, ha revolucionado la forma en que abordamos la enseñanza de la lengua de señas, ofreciendo nuevas perspectivas y oportunidades de aprendizaje (Goldin-Meadow & Brentari, 2017).

La realidad aumentada (RA) es una tecnología que integra componentes virtuales en el entorno físico, proporcionando una experiencia enriquecida y participativa (Soogund & Joseph, 2019). Su implementación en la enseñanza de la lengua de señas ha suscitado un creciente interés en la comunidad académica. Numerosos estudios y expertos han explorado las ventajas y el potencial de la RA como recurso pedagógico para la educación en la lengua de señas (Mohd Rum & Boilis, 2021).

La implementación de la realidad aumentada puede realizarse mediante diversos dispositivos, cada uno con sus propias ventajas y desventajas. Estos dispositivos abarcan desde teléfonos inteligentes y tablets, hasta gafas inteligentes, tabletas gráficas, lápices digitales, hologramas y equipos de proyección. Aunque los visores de realidad virtual están diseñados principalmente para la VR, algunos modelos también poseen capacidades de realidad aumentada (Zhan et al., 2020).

Además de los dispositivos específicos, las aplicaciones móviles y el software de escritorio también desempeñan un papel crucial en la aplicación de la realidad aumentada. La elección del dispositivo para enseñar el lenguaje de señas depende de varios factores, como la accesibilidad, la comodidad y el nivel de inmersión requerido. Cada uno de estos dispositivos tiene el potencial de enriquecer la experiencia de aprendizaje y facilitar la comunicación efectiva en el mundo de las personas sordas o con discapacidad auditiva (Salar et al., 2020).

En la investigación en mención llevamos a cabo una revisión sistemática de artículos relacionados con el uso de la realidad aumentada en la enseñanza de la lengua de señas. Nuestro objetivo es resaltar estudios que exploren la utilización de herramientas y tecnologías de realidad aumentada para la enseñanza y el aprendizaje de la lengua de señas, así como los beneficios de su implementación en entornos educativos inclusivos para estudiantes sordos y los desafíos tecnológicos que se presentan.

La importancia de tratar este tema radica en que la realidad aumentada tiene el potencial de transformar la forma en que se enseña la lengua de señas, haciendo el aprendizaje más interactivo y accesible. Esta tecnología puede facilitar una educación más inclusiva y efectiva para las personas sordas, permitiéndoles interactuar con el material educativo



de maneras innovadoras. Además, al identificar los desafíos tecnológicos, es posible desarrollar soluciones que mejoren aún más la experiencia de aprendizaje y contribuyan a la inclusión y accesibilidad en el ámbito educativo.

## 2. Metodología de la revisión

La revisión fue un medio útil para sintetizar el trabajo existente en la literatura. Se llevó a cabo mediante un procedimiento sistemático para obtener los múltiples beneficios que nos proporciona una visión completa del estado del arte sobre el tema de investigación, así como nos permitió identificar brechas relevantes en la literatura y así recopilar evidencias para encargar investigaciones adicionales, evitando así la duplicación de esfuerzos.

Con el objetivo de encontrar estudios primarios relacionados al uso de la realidad aumentada y la enseñanza de la lengua de señas, hemos propuesto las preguntas de investigación (PI) que se describen en la Tabla 1. Así mismo para recuperar estudios primarios, hemos utilizado como estrategia un proceso de búsqueda automatizada realizado en tres bases de datos electrónicas (ver la Tabla 2). Además, hemos tenido en cuenta otros criterios importantes, como: (i) cobertura de la base de datos electrónica; (ii) facilidad para construir la búsqueda a través de campos y comandos disponibles en la base de datos electrónica; (iii) calidad de los resultados, que está relacionada con la precisión de los resultados obtenidos por el procedimiento de búsqueda automatizada; y (iv) versatilidad para exportar resultados (Dieste et al., 2009).

Basándonos en las preguntas de investigación definidas, se identificaron inicialmente dos términos clave principales, a saber, “realidad aumentada” y “lenguaje de señas”. Además, se consideraron posibles variaciones como sinónimos, texto en inglés y formas singulares/plurales, lo que resultó en la siguiente cadena de búsqueda:

*(“enseñanza de lengua de señas” OR “sign language teaching”) AND (“realidad aumentada” OR “Augmented reality in deaf people” OR “Augmented Reality Applications” OR “Augmented Reality Development” OR “Augmented Reality in Education” OR “Augmented RealityTechnology” OR “Augmented Visualizations” OR “Designing augmented reality” OR “Mixed Reality” OR “aplicaciones de realidad aumentada” OR “augmented reality” OR “desarrollo de realidad aumentada” OR “diseño de realidad aumentada” OR “realidad aumentada en educación” OR “realidad mixta” OR “tecnología de realidad aumentada” OR “visualizaciones aumentadas”)*

Figura 1 – Términos clave

Aquí los términos clave principales se conectaron mediante el operador lógico AND. A su vez, se conectaron las posibles variaciones y sinónimos mediante el operador lógico OR.

| Pregunta de investigación                                                                                                                                                               | Objetivo                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>PI1: ¿Qué herramientas y tecnologías de realidad aumentada están disponibles actualmente para apoyar la enseñanza y el aprendizaje de la lengua de señas en entornos educativos?</i> | Para obtener información actualizada sobre las herramientas y tecnologías de realidad aumentada que se utilizan o están disponibles para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la lengua de señas en entornos educativos |
| <i>PI2: ¿Cuáles son los beneficios de la implementación de aplicaciones de realidad aumentada en entornos educativos inclusivos para estudiantes sordos?</i>                            | Para obtener una comprensión más profunda de cómo la implementación de aplicaciones de realidad aumentada puede impactar positivamente en la educación de estudiantes sordos en entornos inclusivos.                        |
| <i>PI3: ¿Qué desafíos tecnológicos deben superarse para implementar con éxito aplicaciones de realidad aumentada en la enseñanza de la lengua de señas?</i>                             | Para identificar y comprender los obstáculos y desafíos técnicos que pueden surgir al intentar utilizar la realidad aumentada como herramienta para la enseñanza de la lengua de señas                                      |

Tabla 1 – Preguntas de investigación y objetivos

| Base de datos             | URL                                                                   |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <i>Google Scholar</i>     | <a href="https://scholar.google.com">https://scholar.google.com</a>   |
| <i>ISI Web of Science</i> | <a href="http://www.isiknowledge.com">http://www.isiknowledge.com</a> |
| <i>Scopus</i>             | <a href="http://www.scopus.com">http://www.scopus.com</a>             |

Tabla 2 – Bases de datos electrónicas usadas en el proceso de búsqueda automatizada

1. Se han considerado los siguientes criterios de inclusión (CI):

- CI1: Estudios que abordan el uso de herramientas y tecnologías de realidad aumentada para la enseñanza y el aprendizaje de la lengua de señas en entornos educativos
- CI2: Estudios que indican los beneficios de la implementación de la realidad aumentada en entornos educativos inclusivos para estudiantes sordos
- CI3: Estudios que indican los desafíos tecnológicos de la realidad aumentada para la enseñanza de la lengua de señas

2. Se consideran los siguientes criterios de exclusión (CE):

- CE1: Estudios duplicados
- CE2: Estudios que no aborden temas de realidad aumentada para la enseñanza de la lengua de señas
- CE3: Estudios que no fueron publicados en los últimos 5 años
- CE4: Estudios que no sean en inglés o español
- CE5: Estudios secundarios o terciarios

En esta revisión sistemática, un determinado estudio primario se considera relevante si no cumple ninguno de los criterios de exclusión mencionados anteriormente y cumple

al menos uno de los criterios de inclusión. Cabe mencionar que tuvimos presente la calidad de los artículos seleccionados por ello los estudios primarios incluyeron estudios cuantitativos y cualitativos para los cuales se establecieron criterios de evaluación de calidad (QA) basados en las siguientes preguntas:

- QA1: ¿El objetivo está claramente definido?
- QA2: ¿El estudio realizó por lo menos un experimento para validar la respuesta?
- QA3: ¿Se identifican claramente qué herramientas y tecnologías de realidad aumentada están disponibles actualmente para la enseñanza de la lengua de señas?
- QA4: ¿Se identifican claramente cuáles son los beneficios de la realidad aumentada en la enseñanza de la lengua de señas?

La calificación de las preguntas se muestran en la Tabla 3.

| Descripción  | Peso |
|--------------|------|
| Sí           | 1.0  |
| Parcialmente | 0.5  |
| No           | 0.0  |

Tabla 3 – Peso de las preguntas de calidad

### 3. Proceso de selección

Los estudios primarios fueron examinados, seleccionados y evaluados de acuerdo con el protocolo establecido, lo que resultó en un conjunto de estudios posiblemente relevantes.

La cadena de búsqueda genérica experimentó ajustes ligeros con el propósito de adecuarse a las particularidades de cada motor de búsqueda en cada una de las bases de datos electrónicas. Luego, se llevó a cabo el procedimiento de búsqueda automatizada en las bases de datos electrónicas seleccionadas, buscando todos los estudios que coincidieran con la cadena de búsqueda adaptada. Después de recuperar los estudios de las bases de datos electrónicas, se eliminaron los estudios indexados en más de una base de datos y luego se filtraron los estudios en función de los criterios de selección en función de la información disponible en el título, el resumen y las palabras clave.

La Figura 2 muestra los pasos para seleccionar los estudios primarios relevantes. Después de eliminar los estudios recuperados por dos o más bases de datos electrónicas, se evaluaron 92 estudios en función de su título, resumen y palabras clave, de acuerdo con los criterios de selección, lo que resultó en un conjunto de 27 estudios potencialmente relevantes. Se revisaron aquellos a los que se tenía acceso al documento completo y se aplicaron nuevamente los criterios de selección. Como resultado, se seleccionaron 10 estudios primarios como relevantes para esta revisión sistemática. Cabe aclarar que se encontraron muchos más artículos referentes a la realidad aumentada y la enseñanza de la lengua de señas, pero en muchos de ellos solo se tenía acceso al resumen y no al contexto completo.

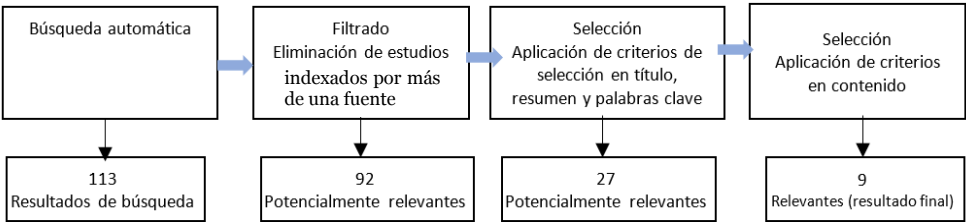


Figura 2 – Pasos de selección de estudios primarios

4. Resultados

Los resultados a mostrar parten de la revisión sistemática de la literatura realizada, teniendo en cuenta las preguntas de investigación y los datos extraídos/sintetizados. Primero, realizaremos una breve visión general de los estudios primarios seleccionados y luego las respuestas a cada pregunta de investigación basadas en el análisis de dichos estudios.

A. Revisión de los estudios primarios realizados

De los estudios seleccionados, tenemos que cuatro fueron encontrados en ISI Web of Science, tres en Google Scholar y dos en Scopus. Además, tenemos un artículo del año 2019, dos artículos del año 2021, cuatro del 2022 y dos del 2023. De los lugares donde fueron publicados, tres fueron en conferencias y 6 en journals artículos referentes a la realidad aumentada y la enseñanza de la lengua de señas, pero en muchos de ellos solo se tenía acceso al resumen y no al contexto completo.

| Año de publicación | Conferencia | Journal  | Total, general |
|--------------------|-------------|----------|----------------|
| <b>Año 2019</b>    |             | <b>1</b> | <b>1</b>       |
| ISI Web of Science |             | 1        | 1              |
| <b>Año 2020</b>    |             | <b>1</b> | <b>1</b>       |
| Google Scholar     |             | 1        | 1              |
| <b>Año 2021</b>    | <b>1</b>    | <b>1</b> | <b>2</b>       |
| Google Scholar     |             | 1        | 1              |
| Scopus             | 1           |          | 1              |
| <b>Año 2022</b>    | <b>2</b>    | <b>2</b> | <b>4</b>       |
| Google Scholar     |             | 1        | 1              |
| ISI Web of Science | 1           | 1        | 2              |
| Scopus             | 1           |          | 1              |

| Año de publicación    | Conferencia | Journal  | Total, general |
|-----------------------|-------------|----------|----------------|
| <b>Año 2023</b>       |             | <b>2</b> | <b>2</b>       |
| Google Scholar        |             | 1        | 1              |
| ISI Web of Science    |             | 1        | 1              |
| <b>Total, general</b> | <b>3</b>    | <b>7</b> | <b>10</b>      |

Tabla 4 – Revisión de los estudios primarios realizados

Se muestra la cantidad de artículos por fuente:

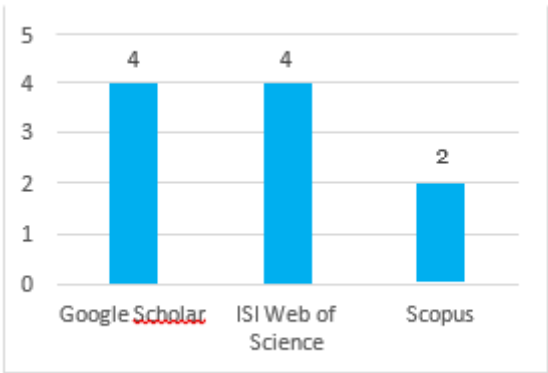


Figura 3 – Cantidad de artículos por fuente

B. PI1 - Herramientas y tecnologías de realidad aumentada

En los artículos revisados, encontramos que nombran herramientas y tecnologías de realidad aumentada disponibles para apoyar la enseñanza y el aprendizaje de la lengua de señas, tales como: aplicaciones móviles, aplicaciones basadas en marcadores. De los trabajos examinados encontramos que el 90% usaron dispositivos móviles con Android para la aplicación de la realidad aumentada, éstos fueron usados para la enseñanza de la lengua de señas en entornos educativos, con un porcentaje de éxito de más del 90% según los resultados expuestos. En el estudio S6 se observa que los resultados de las encuestas realizadas a estudiantes del quinto grado del nivel primaria, tuvieron una diferencia significativa de los resultados de las medias en el pretest y postest. por lo que se puede afirmar que la aplicación de la realidad aumentada tuvo efectos significativos en la percepción del aprendizaje, de hecho, los alumnos subieron su promedio de 49.36 a 75.32 después de la aplicación del programa (Huanca & Puño- Quispe, 2022).

Las aplicaciones de realidad aumentada fueron programadas en un 70% en C#. Además, en 2 trabajos indican que se utilizó la herramienta Unity y Blender para la creación integral de las aplicaciones móviles en 3D y para habilitar la incorporación de las funciones de realidad aumentada (S2,S8).

C. PI2 - Beneficios de la implementación de aplicaciones de realidad aumentada en entornos educativos inclusivos.

La mayoría de los artículos revisados indican que un beneficio del uso de la realidad aumentada para la enseñanza de la lengua de señas es la colaboración inclusiva, ya que puede facilitar la colaboración entre estudiantes sordos y oyentes al proporcionar herramientas de comunicación efectivas y experiencias de aprendizaje compartidas (estudios S1, S2, S3, S6, S8)<sup>1</sup>. Además, las aplicaciones de realidad aumentada permiten la personalización del aprendizaje al adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes sordos, permitiendo un aprendizaje más personalizado y efectivo (S1,S2,S9, S10)<sup>2</sup>.

Tienen accesibilidad mejorada ya que las aplicaciones de RA pueden hacer que el contenido educativo sea más accesible para estudiantes sordos al proporcionar información visual y signos de lengua de señas, lo que facilita la comprensión y participación (S1,S2,S6)<sup>3</sup>.

Estimulan la creatividad e incrementan la concentración (S1)

D. PI3 – Desafíos tecnológicos

En algunos artículos concluían que los estudiantes deben tener acceso a dispositivos móviles compatibles con la realidad aumentada y conexiones de alta velocidad (estudios S8, S9, S10)<sup>4</sup>. La compatibilidad de plataformas es fundamental: las aplicaciones de realidad aumentada deben ser operativas en una amplia variedad de dispositivos móviles y sistemas operativos para llegar al mayor número posible de estudiantes. Asegurar esta compatibilidad es esencial para maximizar el acceso y la eficacia de las herramientas educativas de RA, permitiendo que un mayor número de estudiantes se beneficie de estas innovadoras tecnologías de aprendizaje. La diversidad de dispositivos y sistemas operativos subraya la necesidad de desarrollar soluciones versátiles que puedan adaptarse a diferentes entornos tecnológicos, promoviendo una educación más inclusiva y accesible para todos. El costo y la accesibilidad de los dispositivos de realidad aumentada representan desafíos significativos. Estos equipos pueden resultar onerosos, y no todos los dispositivos móviles son compatibles con esta tecnología. Aparatos como las gafas inteligentes y los hologramas suelen tener un precio elevado, lo cual limita su disponibilidad para una gran parte de la

<sup>1</sup> Consultar anexo A

<sup>2</sup> Consultar anexo A

<sup>3</sup> Consultar anexo A

<sup>4</sup> Consultar anexo A

población. Además, la capacidad de muchos dispositivos móviles para soportar aplicaciones de realidad aumentada varía considerablemente, restringiendo su uso en contextos educativos y personales. Estas limitaciones tecnológicas nos llevan a reflexionar sobre la necesidad de desarrollar soluciones más asequibles y accesibles, permitiendo que un mayor número de personas puedan aprovechar los beneficios de la realidad aumentada (Zhan et al., 2020).

La accesibilidad es un aspecto crucial: los estudios sugieren que garantizar que las soluciones de RA sean accesibles para todos los estudiantes, incluidos aquellos con discapacidades, puede requerir esfuerzos adicionales en términos de diseño y desarrollo. Es fundamental que estas tecnologías se diseñen pensando en la inclusión, lo que implica un compromiso con la creación de herramientas que sean utilizables desde el ámbito de la lingüística aplicada, sin excepción. Al abordar estos desafíos de accesibilidad, se pueden desarrollar soluciones de RA que verdaderamente beneficien a una población estudiantil diversa y promuevan una educación más equitativa.

#### 4. Conclusiones

Al hacer la revisión de los artículos observamos que el dispositivo móvil es una de las herramientas más comunes para experimentar la realidad aumentada debido a su ubicuidad y facilidad de acceso. Los smartphones y tabletas modernos están equipados con cámaras de alta calidad y sensores que permiten interactuar con aplicaciones de realidad aumentada de manera efectiva. Además, su portabilidad los hace convenientes para llevar a cualquier lugar y usar en diversas situaciones. Sin embargo, si bien los dispositivos móviles son muy populares para la realidad aumentada, no necesariamente son la mejor herramienta en todos los contextos.

La elección de la herramienta adecuada para la realidad aumentada depende de los objetivos específicos y las necesidades de los lingüistas y usuario. Por lo tanto, la elección entre un dispositivo móvil y otros dispositivos de realidad aumentada dependerá de factores como la aplicación específica, el presupuesto, la comodidad y la inmersión requerida. Los dispositivos móviles son una excelente opción para muchas aplicaciones de realidad aumentada, pero no son la única opción disponible.

Según la literatura revisada, las aplicaciones de realidad aumentada ofrecen a los estudiantes la oportunidad de practicar y experimentar la lengua de señas de una manera interactiva y práctica, mejorando significativamente su retención y comprensión de los conceptos. Además, algunas de estas aplicaciones están diseñadas para adaptarse al nivel de habilidad individual de cada estudiante, permitiendo un aprendizaje personalizado y a su propio ritmo. Este enfoque individualizado es lingüísticamente beneficioso para el desarrollo de competencias en la lengua de señas, facilitando un proceso de aprendizaje más efectivo y accesible de habilidades psicolingüísticas.

La educación inmersiva ha demostrado ser una herramienta valiosa para la enseñanza de la lengua de señas, especialmente cuando se emplean dispositivos tecnológicos avanzados como la realidad aumentada (RA). Estos dispositivos permiten una experiencia de aprendizaje más interactiva y accesible, facilitando la inclusión de la comunidad sorda en los procesos educativos. La implementación de la RA y otras tecnologías inmersivas



en la enseñanza de la lengua de señas no solo mejora la retención y comprensión de los estudiantes, sino que también fomenta una colaboración más inclusiva y efectiva. A pesar de algunos desafíos técnicos y la necesidad de más estudios completos, el creciente interés y los resultados positivos indican que estas tecnologías tienen un futuro prometedor en la educación inclusiva

La implementación de la RA en la enseñanza de la lengua de señas representa una innovación notable en el ámbito educativo, motivando a otros profesionales de la lingüística y educación para adoptar tecnologías similares. El creciente interés por utilizar la RA como herramienta de inclusión para la comunidad sorda en los procesos de enseñanza-aprendizaje subraya su potencial transformador. Al incorporar la RA, se promueve una educación más inclusiva y equitativa, beneficiando no solo a los estudiantes sordos, sino a toda la comunidad educativa, al fomentar un entorno de aprendizaje más interactivo y accesible.

## Referencias

- Carrecedo, J.P., & Martínez, C, L, (2020). Realidad aumentada: una alternativa metodológica en la educación primaria nicaragüense. *IEEE-RITA*, 7(2), 102-108.
- Chen, C-H., Lee, I-J., & Lin, L-Y. (2019). Augmented reality-based video-modeling storybook of nonverbal facial cues for children with autism spectrum disorder to improve their perceptions and judgments of facial expressions and emotions. *Computers and Human Behaviour*, 16, 477-485. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2015.09.033>
- Chen, Ch. H., Lee, I.-J., & Lin, L.-Y (2020). Augmented reality-based self-facial modeling to promote the emotional expression and social skills of adolescents with autism spectrum disorders. *Research in Developmental Disabilities*, 36, 396–403. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2014.10.015>
- Cheng, J., & Chang, C. (2021). Using computers in early childhood classrooms: teachers' attitudes, skills and practices. *Journal of Early Childhood Research*, 4(2), 269-288.
- Chiang, T.-H.-C., Yang, S.-J.-H., & Hwang, G.-J. (2019). An Augmented Reality-based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural
- Science Inquiry Activities. *Educational Technology & Society*, 17(4), 352–365. Recuperado de [http://www.ifets.info/journals/17\\_4/24.pdf](http://www.ifets.info/journals/17_4/24.pdf)
- Cózar, R., del Moya, M., Hernández, J.A., & Hernández, J.R. (2020). Tecnologías emergentes para la enseñanza de las ciencias sociales. Una experiencia con el uso de realidad aumentada en la formación inicial de maestros. *Digital Education Review*, 27, 138-153.
- Dieste, O., Grimán, A., & Juristo, N. (2020). Developing search strategies for detecting relevant experiments. *Empirical Software Engineering*, 14(5), 513-539. <https://doi.org/10.1007/s10664-008-9091-7>

- Goldin-Meadow, S., & Brentari, D. (2021). Gesture, sign, and language: The coming of age of sign language and gesture studies. *Behavioral and Brain Sciences*, 40, e46. <https://doi.org/10.1017/S0140525X15001247>
- Huanca, A. C., & Puño-Quispe, L. (2022). Aplicación de la realidad aumentada en la percepción de aprendizaje en estudiantes de primaria. *SciELO Preprints*. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.3784>
- Kitchenham, B. A., Budgen, D., & Pearl Brereton, O. (2020). Using mapping studies as the basis for further research – A participant- observer case study. *Information and Software Technology*, 53(6), 638-651. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.12.011>
- Matthew L. Hall, Wyatte. (2019). Deaf children need language, not (just) speech. <https://doi.org/10.1177/0142723719834102>
- Mohd Rum, S. N., & Boilis, B. I. (2021). Sign Language Communication through Augmented Reality and Speech Recognition (LEARNSIGN). *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 69(4), 125-130. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V69I4P218>
- Salar, R., Arici, F., Caliklar, S., & Yilmaz, R. M. (2020). A Model for Augmented Reality Immersion Experiences of University Students Studying in Science Education. *Journal of Science Education and Technology*, 29(2), 257-271. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09810-x>
- Zhan, T., Yin, K., Xiong, J., He, Z., & Wu, S.-T. (2020). Augmented Reality and Virtual Reality Displays: Perspectives and Challenges. *iScience*, 23(8), 101397. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101397>

## Anexo A. Estudios seleccionados

| ID  | REFERENCIA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S1  | Aditama, P.W., Putra, P.S.U., Yusa, I.M.M., Putra, I.N.T.A. (2021) <i>Designing augmented reality sibi sign language as a learning media</i> . (2021) Recuperado 30 de septiembre de 2023, de                                                                                                                                                                                                                  |
| S2  | Bastos, I., Angelo, M., & Loula, A. (2019, agosto 29). <i>Recognition of Static Gestures Applied to Brazilian Sign Language (Libras)</i> . <a href="https://doi.org/10.1109/SIBGRAPI.2015.26">https://doi.org/10.1109/SIBGRAPI.2015.26</a>                                                                                                                                                                     |
| S3  | Cabanillas-Carbonell, M., Cusi-Ruiz, P., Prudencio-Galvez, D., & Salazar, J. L. H. (2022). Mobile Application with Augmented Reality to Improve the Process of Learning Sign Language. <i>International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)</i> , 16 (11), Article 11. <a href="https://doi.org/10.3991/ijim.v16i11.29717">https://doi.org/10.3991/ijim.v16i11.29717</a>                         |
| S4  | Ghoul, O. E., & Othman, A. (2022). Virtual reality for educating Sign Language using signing avatar: The future of creative learning for deaf students. <i>2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)</i> , 1269-1274. <a href="https://doi.org/10.1109/EDUCON52537.2022.9766692">https://doi.org/10.1109/EDUCON52537.2022.9766692</a>                                                         |
| S5  | Huanca, A. C., & Puño-Quispe, L. (2022). Aplicación de la realidad aumentada en la percepción de aprendizaje en estudiantes de primaria. <i>SciELO Preprints</i> . <a href="https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.3784">https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.3784</a>                                                                                                                                     |
| S6  | Isuiza Pérez, D. D., Asto Huamán, L., Arangüena Yllanes, M. R., & Diaz Dumont, J. R. (2020). Aplicación Móvil educativa para facilitar el aprendizaje de la Lengua de Señas del Perú en personas sordomudas. <i>TAYACAJA</i> , 3(2).                                                                                                                                                                           |
| S7  | Mohd Rum, S. N., & Boilis, B. I. (2021). Sign Language Communication through Augmented Reality and Speech Recognition (LEARNSIGN). <i>International Journal of Engineering Trends and Technology</i> , 69 (4), 125-130. <a href="https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V69I4P218">https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V69I4P218</a>                                                                      |
| S8  | Perifanou, M., Economides, A. A., & Nikou, S. A. (2023). Teachers' Views on Integrating Augmented Reality in Education: Needs, Opportunities, Challenges and Recommendations. <i>Future Internet</i> , 15 (1), Article 1. <a href="https://doi.org/10.3390/fi15010020">https://doi.org/10.3390/fi15010020</a>                                                                                                  |
| S9  | Rocha, T., Pinto, T., Carvalho, D., Martins, P., & Barroso, J. (2022). Designing augmented reality cards as an educational resource to teach Portuguese Sign Language. <i>2022 Third International Conference on Digital Creation in Arts, Media and Technology (ARTeFACTo)</i> , 1-6. <a href="https://doi.org/10.1109/ARTeFACTo57448.2022.10061261">https://doi.org/10.1109/ARTeFACTo57448.2022.10061261</a> |
| S10 | Sun, X., Zhou, S., Zhang, Y., Wang, Q., & Wen, S.-j. (2022). Investigating Augmented Reality as a mode of representation for hearing and hearing-impaired preschool children. <i>International Journal of Child-Computer Interaction</i> , 34, 100523. <a href="https://doi.org/10.1016/j.jcci.2022.100523">https://doi.org/10.1016/j.jcci.2022.100523</a>                                                     |

# Um modelo de Gerenciamento de Infraestrutura de T.I. para Administração Pública Municipal baseado no framework ITIL 4

Moisés de Sousa Galian<sup>1</sup>, Samuel Domiciano Tereza<sup>1</sup>, Vanessa Tavares de Oliveira Barros<sup>1</sup>, Rodolfo Miranda de Barros<sup>1</sup>

moises.galian@gmail.com; samuel.domiciano@uel.br; vanessa@uel.br; rodolfo@uel.br

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Londrina (UEL), 86057-970, Londrina - PR, Brasil

Pages: 275-288

**Resumo:** A administração pública está ampliando sua presença digital por meio do governo eletrônico, o que reduz a burocracia, promove transparência e acessibilidade, economiza tempo e permite uma maior participação dos cidadãos. Para a gestão municipal, manter e gerenciar a infraestrutura de TI é um desafio: o crescimento descontrolado, os processos de aquisição lentos e complexos, e a ausência de um plano de gerenciamento eficaz afetam negativamente a entrega de serviços. Este trabalho propõe um modelo de processo personalizado baseado no ITIL 4 para gerenciar a infraestrutura de TI. Um estudo de pesquisa qualitativa foi conduzido com especialistas avaliou o processo proposto. O modelo proposto busca maximizar a qualidade do serviço, alocar recursos de forma eficiente e identificar oportunidades de aprimoramento, colaborando para uma maior entrega de valor público.

**Palavras-chave:** Gerenciamento da Infraestrutura; Framework ITIL 4; Melhores Práticas; Itens de Configuração, Administração Pública.

## *An IT Infrastructure Management Model for Municipal Public Administration Based on ITIL 4*

**Abstract:** Public administration is expanding its digital presence through e-government. This reduces bureaucracy, promotes transparency and accessibility, saves time, and enables greater citizen participation. For municipal management, maintaining and managing IT infrastructure poses significant challenges: uncontrolled growth, slow and complex procurement processes, and the absence of an effective management plan negatively affect service delivery. This paper proposes a customized process model based on ITIL 4 to manage IT infrastructure. A qualitative research study conducted with experts evaluated the proposed process. The model aims to maximize service quality, efficiently allocate resources, and identify opportunities for improvement, thereby contributing to greater public value delivery.

**Keywords:** IT Infrastructure Management; ITIL 4 Framework; Best Practices; Configuration Items, Public Sector.

## 1. Introdução

A crescente evolução tecnológica trouxe uma presença cada vez maior de dispositivos conectados com uma oferta sem fim de aplicações, entregando comodidade e conveniência em serviços, vendas, comunicação, e os mais variados setores de negócios. A administração pública não ficou de fora desse processo de digitalização, no Brasil os projetos de governo eletrônico vêm sendo implantados desde a década de 2000 (Przebylovicz et al., 2018). Podemos ressaltar que, o aumento da oferta de serviços públicos digitais também foi impulsionado pela necessidade de migração de muitos serviços presenciais para a modalidade online, motivada pela pandemia de COVID-19. Essa situação pressionou os governos a adaptar a forma de prestação de serviços públicos (Branco Jr. & Fonseca, 2023).

Conforme a pesquisa TIC Governo Eletrônico (Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2022) em relação a administração pública municipal este crescimento também é notório. No ano de 2021, foi relatado que 94% das prefeituras do Brasil possuíam acesso à Internet por fibra óptica, sendo a proporção anterior de 73% em 2019. Outro dado de referência é que praticamente todos os serviços digitais investigados pela pesquisa obtiveram aumento, a exemplo o serviço fiscal de nota eletrônica em 78% versus os 41% em 2015. Em relação a infraestrutura e gestão de TI, com a presença de um setor ou departamento específico para área, o índice foi de 42% em 2019 para 46% em 2021, quanto maior o porte populacional do município, maior a presença desse tipo de estrutura, ultrapassando 90% das prefeituras com mais de 100 mil habitantes.

Do ponto de vista da administração pública a presença digital possibilita redução da burocracia, promove a transparência e a acessibilidade, além estar disponível aonde quer que o cidadão esteja, a capacidade de realizar serviços através do governo eletrônico economiza tempo e permite uma maior participação cidadã. Com a adoção da tecnologia da informação e da Internet, a promoção do governo eletrônico produziu estímulos econômicos, sociais e políticos; que possibilitaram a conexão dos cidadãos com todos os níveis de governo (Santana & Barros, 2022).

Segundo (Brasil, 2021) a busca por uma Administração Pública mais eficiente na gestão de recursos e na entrega de serviços de maior qualidade requer a realização de planejamento de TI consistente, que possua como norte a melhoria contínua da performance organizacional. Entretanto, prover o acesso aos dados e serviços nem sempre é uma tarefa fácil para a Administração Pública, muitas vezes o crescimento desordenado, a morosidade e complexidade para aquisição de equipamentos e serviços e até mesmo a falta de um plano claro de gestão tem um impacto negativo no desempenho destas atividades (Araújo, 2020). É neste contexto que se torna imprescindível uma sólida gestão de infraestrutura de TI.

O Gerenciamento de Infraestrutura e Plataforma (GIP), conforme definido no ITIL 4, oferece uma estrutura robusta para a gestão eficiente dos recursos tecnológicos, no entanto, a aplicação dessa prática no contexto da administração pública municipal ainda é pouco explorada. Em setembro de 2024, realizamos pesquisas na base de dados *Scopus*, utilizando no campo “Article Title, Abstract, Keywords” os termos nos “ITIL” AND “infrastructure management” OR “infrastructure and platform management”, verificou-se a ausência de estudos focados na administração pública. Quando os termos

“public sector” ou “government institutions” foram incluídos, nenhum documento foi encontrado.

No mesmo período, em busca similar realizada na plataforma *Google Scholar* com a seguinte *query* [“ITIL” AND “infrastructure management” OR “infrastructure and platform management” AND “public sector” OR “government institutions”] também não encontrou resultados pertinentes a proposta. O mesmo ocorreu com a base *IEEE Xplore*, através da *query* [(“All Metadata”:ITIL) AND (“All Metadata”:“infrastructure management”) OR (“All Metadata”:“infrastructure and platform management”) AND (“All Metadata”:“public sector” )], onde também nenhum resultado condizente foi encontrado.

Essa ausência de publicações sobre o tema indica que, até o momento, a literatura científica não abordou suficientemente a aplicação do ITIL 4 no GIP no setor público municipal. Dessa forma, o estudo aqui proposto busca preencher essa lacuna ao investigar como esta prática pode ser adaptada e implementada em administrações públicas municipais.

Diante do exposto o problema apresentado é: *“Como o desenvolvimento de um modelo de gerenciamento de infraestrutura baseado nas melhores práticas pode melhorar a eficiência, a qualidade e entrega de valor dos serviços de TI na administração pública municipal?”*

Assim este artigo tem como objetivo apresentar um modelo de processo para o Gerenciamento de Infraestrutura de TI, voltado para administrações públicas de municípios de médio porte, com base na prática técnica de GIP do ITIL 4. Após isto apresentar uma pesquisa realizada com especialistas da área para a avaliação do modelo utilizando a escala de Likert para classificação dos resultados.

## 2. Fundamentação Teórica

A presente fundamentação teórica aborda os principais conceitos utilizados neste artigo e busca embasar as ações realizadas no fluxo proposto, em especial pelas melhores práticas oriundas do ITIL 4.

### 2.1. Infraestrutura de Tecnologia da Informação

O termo Infraestrutura de TI é definido por (Cappelozza & Moraes, 2013); (Prospero Sanchez & Cappelozza, 2012) como sendo os recursos tecnológicos essenciais de processamento e armazenamento de informações - *hardware* e *software* - além de dispositivos de conectividade e rede, desta forma podemos afirmar que Infraestrutura de TI está relacionada aos equipamentos e recursos necessários para entrega da informação de negócios, ou seja, são os recursos físicos ou virtuais que suportam a entrega dos serviços de TI (Hertvik, 2020).

Ainda de acordo com (Hertvik, 2020) a infraestrutura de TI pode ser comparada a uma estrada, facilitando a entrega de informações, assim como uma estrada permite o transporte de produtos. Ela regula o tráfego de dados entre aplicações e seus destinos, mas não realiza o processamento das informações por si só, apenas viabiliza sua entrega de forma eficiente.

Componentes da infraestrutura incluem fornecimento de energia, telecomunicações, ativos de rede e segurança, servidores, armazenamento, e serviços de computação em nuvem. Também se enquadram firmware, sistemas operacionais e software de gerenciamento, dentre outros. Em contraste, conforme (Hertvik, 2020) atividades como o desenvolvimento de aplicativos, análise de banco de dados, dispositivos de usuários e processos não são parte da infraestrutura de TI, embora contribuam para sua gestão.

## **2.2. ITIL - Information Technology Infrastructure Library**

A origem do framework ITIL se dá no final da década de 80 pela Agência Central de Informática e Telecomunicações (CCTA), posteriormente renomeada como Escritório de Governo de Comércio (OGC) que foi designada para desenvolver um framework para o uso eficiente e financeiramente responsável da utilização dos recursos de TI em um ambiente governamental (Ahriz et al., 2021).

Em 2007, a versão 3 do framework ITIL foi disponibilizada, sendo atualizada em 2011 e apresentava um framework para o ciclo de vida do gerenciamento dos serviços de TI e destaca os resultados que devem ser alcançados para implementar e gerenciar com sucesso os serviços de TI. Já em 2019, foi liberada a versão 4 que remodelou grande parte das práticas estabelecidas buscando maior foco na experiência do cliente, valor nos fluxos e transformação digital, permitindo a adoção de metodologias ágeis como Lean, Agile e DevOps (Axelos, 2019).

Como descrito por (Axelos, 2019), o ITIL 4 é um framework de boas práticas para gerenciamento de serviços de TI (ITSM), tendo como principal objetivo ajudar organizações a gerenciar serviços de TI de forma eficaz, garantindo a entrega de valor ao cliente e permitindo a co-criação de valor. Ele busca otimizar a gestão de serviços para atender às necessidades do negócio e melhorar continuamente a qualidade dos serviços prestados, com ênfase em flexibilidade, colaboração e integração com outras práticas ágeis e inovadoras.

## **2.3. Ativos de TI, Inventário e Itens de Configuração**

Segundo a definição de (Axelos, 2019), o termo Ativo de TI se refere a qualquer componente de valor financeiro capaz de contribuir para a entrega de um produto ou serviço de TI, enquanto um item de configuração (IC) é qualquer componente que requer gerenciamento para fornecer um serviço de TI. Dessa forma quando um ativo de TI se torna um item de configuração (IC) ele pode ser gerenciado e pode fazer parte integrante da infraestrutura. Dado aos processos típicos de aquisição da administração pública (Lei nº 14.133/2021<sup>1</sup>), via de regra, quando os novos recursos são adquiridos – os ativos de TI – inicialmente são inventariados até que efetivamente possam entrar em produção e serem gerenciados, tornando-se IC's e integrando-se a infraestrutura.

---

<sup>1</sup> A Lei Brasileira nº 14.133, de 1º de abril de 2021, estabelece normas gerais de licitação e contratação para as Administrações Públicas diretas, autárquicas e fundacionais da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Disponível em [https://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2019-2022/2021/lei/14133.htm]



## 2.4. Gerenciamento de Infraestrutura e Plataforma

A prática do GIP está enquadrada dentro das práticas de gerenciamento técnico do ITIL 4. De acordo com (Axelos, 2019) o objetivo da prática de GIP é supervisionar a infraestrutura e as plataformas usadas por uma organização. Quando realizada de forma adequada, essa prática possibilita o monitoramento das soluções de tecnologia disponíveis para a organização, incluindo a tecnologia de prestadores de serviços externos.

Para (Axelos, 2019) a infraestrutura de TI pode ser gerenciada pela própria organização ou através de fornecedor externo como serviços dedicados, compartilhados ou em nuvem. A prática inclui o fornecimento de tecnologia necessária para apoiar atividades que criam valor para a organização e para seus *stakeholders*. Assim o GIP contribui para a cadeia de valor e serviços (exceto engajamento) de toda organização no que se refere a:

- Planejar: fornecendo informações sobre as oportunidades e restrições tecnológicas no planejamento estratégico e tático;
- Melhorar: fornecendo informações sobre oportunidades tecnológicas que podem apoiar a melhoria contínua, e a limitação das tecnologias em uso;
- Obter/Construir: desempenhando um papel crítico nesta atividade, pois fornece informações necessárias sobre os componentes a serem obtidos;
- Entregar e Apoiar: a nível operacional apoia a manutenção contínua dos serviços de infraestrutura, incluindo qualquer execução do gerenciamento de atualizações, cópias de segurança, etc.

## 2.5. Gerenciamento e Configuração de Serviço e a Gestão de Mudanças

Conforme Axelos (2019), a prática de gerenciamento de configuração de serviço tem como objetivo assegurar que as informações sobre a configuração dos serviços e dos ICs sejam exatas, confiáveis e estejam disponíveis sob demanda, incluindo como esses itens estão configurados e inter-relacionados. No modelo proposto, caso seja necessária alguma alteração em um IC, a prática é acionada, sendo responsável pela coleta e gestão dos dados. Esse processo permite à organização compreender as interdependências entre ICs, como hardware, software, redes e serviços, e como essas contribuições geram valor para os *stakeholders*.

Em conformidade com Axelos (2019), a prática de Gestão de Mudanças visa garantir o sucesso das mudanças em serviços e produtos, por meio de uma avaliação adequada de riscos e do gerenciamento de cronograma. O controle de mudanças é definido pela organização, abrangendo toda a infraestrutura de TI ou qualquer elemento que possa impactar produtos e serviços. Ele autoriza, categoriza e avalia os riscos das solicitações, incluindo mudanças operacionais, como incidentes ou patches de segurança, além de garantir a comunicação adequada com os *stakeholders* para assegurar sua preparação antes da implementação.

## 2.6. O Monitoramento da Infraestrutura

De acordo com (Roush, 2017), o monitoramento da infraestrutura coleta e analisa continuamente dados que permitem entender seu status e apoiar a gestão em direção aos objetivos organizacionais. Esses dados auxiliam na administração de processos

como capacidade, disponibilidade, segurança e nível de serviço. No município base do estudo, o monitoramento é realizado por ferramentas como *VMWare Hypervisor*, *Zabbix*, *Adiscon LogAnalyser* e GLPI.

2.7. Métricas para Classificação de Itens de Infraestrutura

A classificação dos itens de infraestrutura pode ser feita com base na métrica de “entrega de valor para a organização” ou no posicionamento de cada item em relação à entrega de resultados aos *stakeholders*, auxiliando o gestor em futuras decisões de investimento. No entendimento de (Roush, 2018), essa classificação é fundamental para o planejamento da infraestrutura e para compreender os objetivos da organização, além da simples declaração de missão.

Os itens de infraestrutura podem ser classificados como “componentes primários”, responsáveis diretamente por influenciar métricas de negócios, ou “componentes secundários”, que são aqueles dos quais os primários dependem. Um exemplo seria um portal online de uma prefeitura, que é um componente primário, enquanto a rede e os equipamentos do datacenter, dos quais ele depende, seriam componentes secundários.

2.8. Matriz De Priorização GUT (Gravidade versus Urgência versus Tendência)

Conforme apontado por (Paiva et al., 2021), a Matriz GUT, proposta por Kepner e Tregoe em 1981, é uma ferramenta que prioriza problemas com base na gravidade, urgência e tendência de agravamento. A pontuação de cada aspecto varia de 1 a 5, sendo o resultado obtido pela multiplicação desses valores. A matriz também é recomendada no Plano Diretor de Tecnologia de Informação para priorizar necessidades, avaliando o impacto e a urgência de seu atendimento, bem como o risco de agravamento caso não sejam tratadas.

| PESO | GRAVIDADE (G)                                                                                                  | URGÊNCIA (U)                                                                  | TENDÊNCIA (T)                                             |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 5    | Ponto de Falha / Riscos de Segurança / Solução Estratégica                                                     | É necessária uma ação imediata / Exigência legal de prazos inferior a 3 meses | Interrompe a Prestação de Serviços                        |
| 4    | Muito Graves - Impacta nos processos e rotinas dos Itens Primários                                             | Com alguma urgência / Exigência Legal de 3 a 6 meses                          | Impede a prestação de Serviços                            |
| 3    | Graves - Impacta os sistemas, arquitetura de hardware, prejudica Itens Primários                               | O mais cedo possível / Tempo para Implementação entre 6 e 12 meses            | Impede o cumprimento de Prazos para Prestação de Serviços |
| 2    | Pouco Graves, impacta a gestão e o pleno desempenho dos itens Primários                                        | Pode Esperar um pouco / Tempo de Implementação entre 12 e 24 meses            | Dificulta a Prestação de Serviços                         |
| 1    | Sem gravidade, impacta em melhorias pontuais, contribui com não conformidades, impacta em serviços Secundários | Não tem pressa alguma / Tempo de Implementação Superior a 24 meses            | Não Interfere na Prestação de Serviços                    |

Tabela 1 – Matriz GUT para priorização de ações – Baseado em (Paiva et al., 2021)

### 3. Metodologia

O presente estudo é de caráter exploratório e descritivo, com o objetivo de investigar como uma prática do ITIL 4 pode ser adaptada para administrações públicas municipais. Seguindo uma abordagem dedutiva, o estudo parte das diretrizes teóricas e busca desenvolver um modelo que será aplicável ao contexto dos governos municipais de médio porte.

Este trabalho foi idealizado buscando a solução para a gestão da infraestrutura de TI para um município de médio porte: em outubro de 2024 a cidade base do estudo completou 77 anos de fundação, possui população de 119.000 hab. e IDH 0,748, onde administração pública realiza a oferta aos munícipes diversos serviços de forma *online* e promove a inclusão digital em diversos locais públicos.

A metodologia inclui revisão bibliográfica e documental, analisando publicações sobre ITIL 4 e documentos oficiais do governo municipal. O modelo proposto foi avaliado qualitativamente por especialistas, selecionados intencionalmente devido à sua experiência prática na implementação de serviços de TI, garantindo a relevância e a qualidade dos dados coletados. Destacamos que a implementação do modelo em um ambiente real, será abordada em estudos futuros.

Assim com base na prática de GIP da ITIL 4, foi desenvolvido um modelo de processo customizado para administração pública. Esse fluxo foi concebido utilizando a notação BPMN, que é um padrão de representação gráfica de fluxos de processos, e tem como objetivo permitir entendimento rápido por todos usuários de negócio. Isso permite, por sua vez, uma comunicação eficiente entre analistas de negócio e profissionais de TI (Santos, 2013).

O modelo sugerido, que pode ser visualizado detalhadamente em [<https://governanca.arapongas.pr.gov.br/gip>]<sup>2</sup>, define ações que permitem à organização visualizar o status da infraestrutura e assegurar uma gestão do conhecimento eficaz para o gerenciamento de TI, conforme ilustrado na Figura 1.

#### 3.1. Descrição das Etapas do Modelo

O processo de gerenciamento de infraestrutura proposto pode ser dividido em quatro etapas distintas:

- **Coleta de Dados e Classificação:** Realizar a coleta de dados de inventário existentes, verificações *in loco* devem ser realizadas, o que permite a classificação de cada IC do local de acordo com base na entrega de valor direto aos *stakeholders*. O modelo sugere a análise da infraestrutura de TI de maneira granular, examinando cada unidade de governo, isso permite reunir dados e compreender a capacidade do sistema como um todo (Figura 1, itens 1.1 a 1.9);
- **Análise Detalhada, Priorização e Alternativas:** Orienta a realização de análise detalhada de cada um dos IC's presentes no local abordado, identificando seus

<sup>2</sup> Processo de Gerenciamento de Infraestrutura – Arapongas - Governança de TI. Acesso em 09/11/2023. Fonte: Os Autores (2023).

aspectos de operação, capacidade e realizando a busca de soluções alternativas de funcionamento. É realizada a classificação com a Matriz GUT para determinar as prioridades de ação para cada IC (Figura 1, itens 2.0 a 2.2);

- Elaborar Relatório Parcial: Nesta etapa, é elaborado um relatório parcial com a compilação dos dados anteriores. Caso sejam detectados incidentes que requeiram ações de urgência ou soluções imediatas o processo de controle de mudanças é acionado (Figura 1, itens 3.1 e 3.2);
- Elaborar Plano de Melhoria de Infraestrutura: A partir do relatório parcial atualizado, são levantadas as oportunidades de eficiência e mudança possíveis. De posse destes dados e das políticas de TI em vigor é elaborado o Plano de Melhoria da Infraestrutura e posteriormente encaminhado ao Comitê Gestor de TI.

### **3.2. Avaliação do Modelo Proposto através da Aplicação de Questionário Qualitativo**

Com o objetivo de avaliar o modelo proposto foi realizada uma avaliação qualitativa, buscando coletar as impressões de especialistas na área, seguindo a metodologia em estudo realizado por (Horita & Barros, 2012) e (Ueno, 2019), na qual os autores apontam a necessidade de elaborar uma apresentação composta das principais informações do fluxo para auxiliar os especialistas na análise a ser feita.

A aplicação do questionário utilizou a ferramenta *Google Forms* e ocorreu entre os dias de 28 de outubro a 06 de novembro de 2023 com a coleta de 17 respostas. Os entrevistados responderam questões em relação a sua qualificação profissional, experiência na área e envolvimento com projetos de infraestrutura de TI por meio das seguintes questões:

**P.1.** Você se enquadra em qual categoria?

**P.2.** Há quanto tempo você está envolvido no gerenciamento, tomada de decisões, especificação de projetos e/ou manutenção da infraestrutura de TI?

**P.3.** De acordo com sua experiência você se classifica como?

Na questão **P.1.** sobre a qualificação profissional, as respostas classificaram os participantes como: Analista de TI/Analista de Projetos/Coordenador de TI (10), Gerente de TI/Gerente de Infraestrutura de TI (4), Diretor de TI/Gestor de TI (2) e Analista de Sistemas (1). Na questão **P.2.**, sobre o tempo de atuação, as respostas indicaram: 1 a 4 anos (2), 4 a 6 anos (1), 6 a 8 anos (1) e mais de 8 anos (13). Já a questão **P.3.**, sobre o nível de experiência, teve as seguintes classificações: Especialista (7), Pleno (3) e Sênior (7).

A avaliação do modelo foi elaborada com base na escala de *Likert* com variação de 1 a 5, onde 1 refere-se à discordância total da questão e 5 à sua concordância total (Nogueira, 2002). As respostas pontuam na escala: 1. Discordo totalmente; 2. Discordo; 3. Não concordo e nem discordo; 4. Concordo; 5. Concordo totalmente.

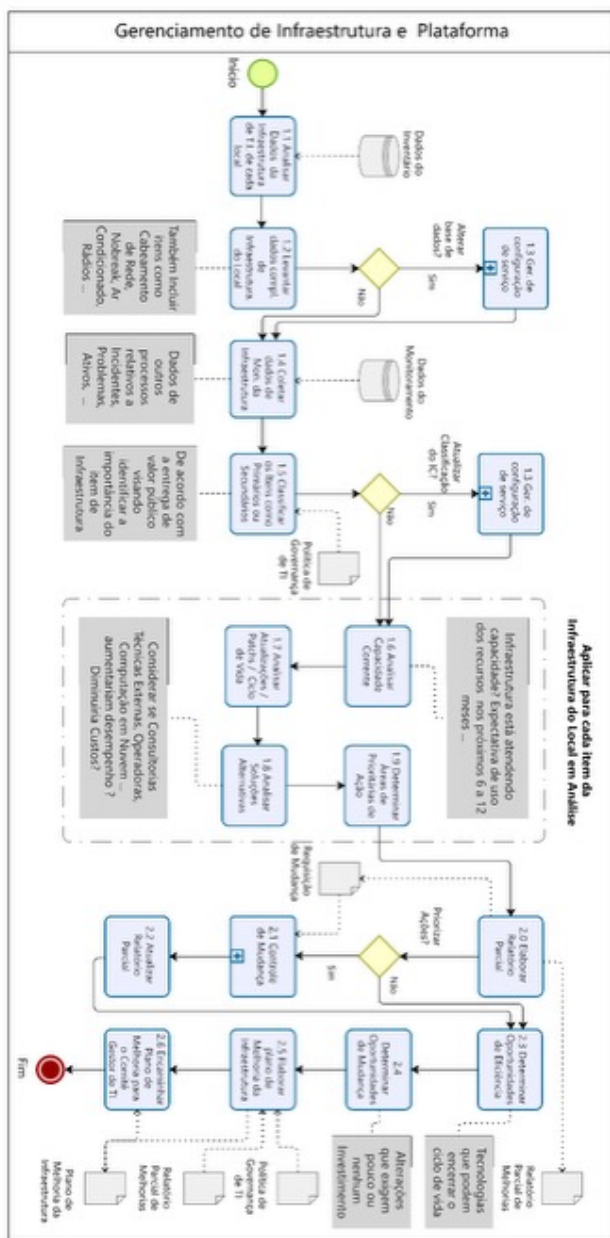


Figura 1 – Fluxo BPMN do Gerenciamento de Infraestrutura proposto. Fonte: Os autores.

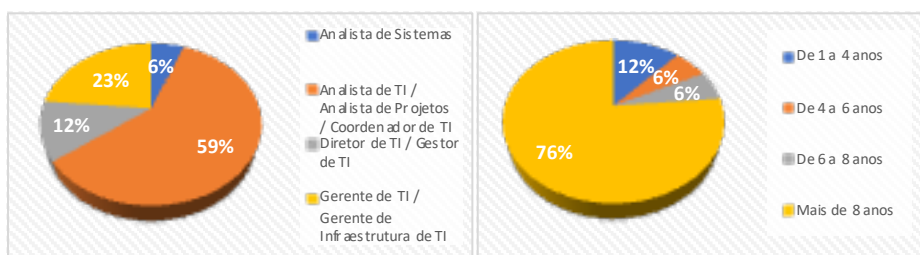


Figura 2 – Qualificação dos Profissionais e Tempo de atuação

Para responder a pesquisa os participantes receberam previamente as seguintes informações: o fluxo das atividades na notação BPMN (figura 1); um documento descritivo de todas as atividades do modelo, e tabelas que detalham as etapas do processo contendo o objetivo, o responsável, as entradas, saídas e descrição de cada uma delas; um *template* inserido no fluxo, que orienta a utilização da Matriz GUT. Foram apresentadas 6 questões que abrangem a análise de todo o modelo, permitindo que os participantes o avaliassem:

**P.1.** O modelo proposto de Gerenciamento de Infraestrutura de TI segue um fluxo lógico de execução e está em consonância com as melhores práticas de gestão como o ITIL 4?

**P.2.** Você acredita que a avaliação da infraestrutura de TI, realizada de forma setorizada, onde cada item é analisado separadamente, é benéfica para uma gestão mais eficaz?

**P.3.** Você acredita que a classificação dos Ativos de TI como ‘Item Primário’ ou ‘Item Secundário’, com base na entrega de valor direto ao público, seja uma métrica útil para um gestor de TI tomar decisões em relação a investimentos e ações necessárias para infraestrutura de TI?”

**P.4.** Você considera que a avaliação do estado dos Itens de Configuração com base no modelo de Matriz GUT proposta, é uma prática importante para identificar e priorizar as melhorias na infraestrutura de TI e na resolução de incidentes com eficácia?

**P.5.** O processo sugerido poderia ser adotado totalmente ou somar ideias para a atual Gestão de Infraestrutura da sua organização?

**P.6.** Você considera que a proposta sugerida é viável e pode ser implantada na Gestão da Infraestrutura de TI de seu ambiente, principalmente voltada na elaboração de um futuro plano de ação de melhoria?

Os resultados obtidos foram: Questão **P.1.**: média de 4,47; Questão **P.2.**: média de 4,59; Questão **P.3.**: média de 4,59; Questão **P.4.**: média de 4,47; Questão **P.5.**: média de 4,47; Questão **P.6.**: média de 4,41.

### 3.3. Discussão dos Resultados da Avaliação Qualitativa

A avaliação qualitativa do modelo proposto foi conduzida com o objetivo de obter uma visão crítica de profissionais experientes na área de TI, essa metodologia se mostrou eficaz para garantir que os especialistas tivessem uma compreensão clara do fluxo

proposto e pudessem fornecer feedback embasado, como recomendado por (Rocha, 2019), o termo especialista, no contexto dessa proposta, é empregado para designar profissionais que apresentam conhecimento e/ou experiência profissional na área de TI em órgãos públicos ou profissionais com experiência na área de governança de TI.

Os resultados apontam uma recepção positiva ao modelo de Gerenciamento de Infraestrutura e Plataforma baseado nas práticas do ITIL 4, com médias superiores a 4,4 em uma escala Likert de 1 a 5 em todas as questões. Isso demonstra uma forte concordância com as premissas centrais do modelo.

Na primeira questão, que aborda a conformidade do modelo com as melhores práticas de gestão, o resultado médio de 4,47 indica que os especialistas perceberam o modelo como alinhado às diretrizes do ITIL 4. Esse dado sugere que o fluxo de atividades, quando aplicado adequadamente, pode contribuir significativamente para uma gestão eficaz e estruturada da infraestrutura de TI, em consonância com as melhores práticas.

Nas questões relacionadas à segmentação da avaliação dos ativos de TI e à classificação destes como primários ou secundários (questões 2 e 3), ambos os resultados apresentaram uma média de 4,59. Essa pontuação reflete a percepção dos especialistas de que essas práticas são úteis para melhorar a eficiência da gestão e a tomada de decisões estratégicas em termos de investimentos e manutenção. A classificação baseada na entrega de valor ao público foi particularmente elogiada como uma métrica relevante para priorizar as ações na infraestrutura.

A proposta de utilização da Matriz GUT como ferramenta de priorização também foi bem recebida, com uma média de 4,47. Esse resultado mostra que os especialistas consideram a Matriz GUT uma abordagem prática e eficaz para a priorização de melhorias e resolução de incidentes. Isso corrobora a visão de que metodologias sistemáticas são essenciais para a gestão de itens de configuração e resolução de problemas críticos na infraestrutura de TI.

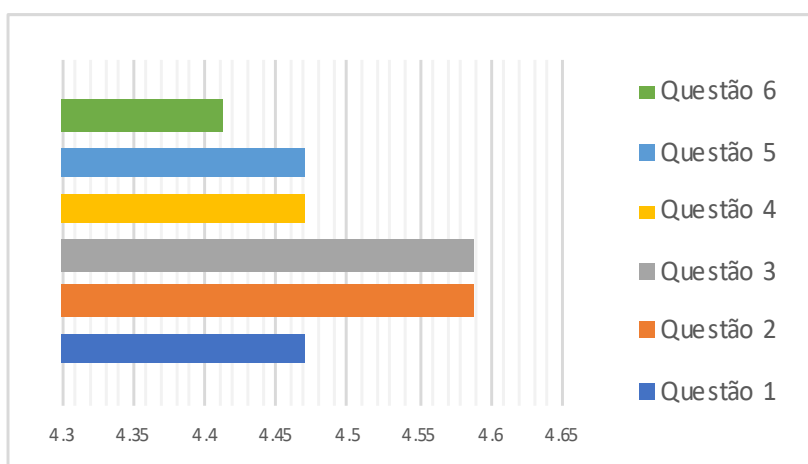


Figura 3 – Posicionamento médio das respostas em relação à média total.



Por fim, nas questões 5 e 6, que tratam da possibilidade de adoção do modelo e sua viabilidade, a média de 4,47 e 4,41, respectivamente, reforçam a aplicabilidade do modelo proposto. Apesar de uma leve queda no posicionamento médio em relação às questões anteriores, os especialistas demonstraram confiança na adoção do modelo, sugerindo que ele poderia ser implementado total ou parcialmente em suas organizações. O *feedback* obtido aponta que, embora o modelo seja robusto, sua implementação dependerá de fatores contextuais e das particularidades de cada ambiente.

Em resumo, os resultados da avaliação indicam que o modelo proposto é aceito pelos especialistas e atende aos critérios de viabilidade, aplicabilidade e alinhamento com as melhores práticas de gestão, como o ITIL 4. A metodologia de avaliação utilizada demonstrou ser uma ferramenta valiosa para coletar *feedback* detalhado e embasado, permitindo futuras adaptações e aperfeiçoamentos do modelo proposto.

#### **4. Conclusão**

O modelo de Gerenciamento de Infraestrutura de TI foi projetado para ser personalizado para administrações públicas de médio porte, o que o torna especialmente relevante para esse contexto, destacando sua flexibilidade em atender às necessidades específicas de organizações públicas. Ao se basear na GIP do ITIL 4 é ofertada uma abordagem mais prática e operacional, com foco na entrega de valor e na melhoria contínua, o que o torna particularmente eficaz para a gestão pública.

O modelo proposto busca aprimorar o entendimento do status de cada componente da infraestrutura, bem como classificar as ações necessárias e suas prioridades de execução, ajudando a racionalizar os processos de gestão de infraestrutura, permitindo uma melhor visualização e controle dos recursos de TI. Isso resulta em maior eficiência operacional e melhor utilização dos recursos disponíveis.

O fluxo foi construído buscando um suporte mais claro para a tomada de decisões estratégicas, através da priorização dos itens de infraestrutura críticos, possibilitando decisões informadas sobre investimentos e melhorias. A etapa final do processo indica criação de um plano anual de melhoria de infraestrutura fornecendo dados valiosos para a gestão de portfólio de projetos ou atividades que ficaram a cargo da gestão de mudanças.

Por fim, o modelo contribui para uma maior entrega de valor público, ao garantir que a infraestrutura de TI sustente de forma eficiente os serviços públicos digitais, promovendo transparência e acessibilidade para os cidadãos. Nesse sentido, utilizar as melhores práticas como base da governança de TI, também para a parte vital que a infraestrutura representa, não apenas otimiza o seu funcionamento, mas também contribui de maneira significativa para o alcance dos objetivos organizacionais.

#### **5. Trabalhos Futuros e Limitações**

O presente trabalho apresentou um modelo de gerenciamento de infraestrutura de TI baseado na prática de GIP do framework ITIL 4, utilizando um município brasileiro de médio porte para criar seu fluxo, e sua avaliação inicial por especialistas da área. Como

trabalhos futuros, sugere-se a avaliação do nível de maturidade atual dos processos de gerenciamento de infraestrutura por meio de um questionário e a indicação de diretrizes para almejar níveis maiores. Após este processo a próxima etapa será a validação do modelo, implementando as diretrizes na prática e, a aplicação da avaliação visando constatar o aumento da maturidade. Esta sequência busca preparar o modelo como uma ferramenta fiável para futura utilização em cidades com mesmo porte. Apesar de outras práticas existentes no framework ITIL 4 estarem relacionadas ao Gerenciamento de Infraestrutura, tais como Gerenciamento de Ativos de TI, Gerenciamento de Configuração e Serviço, Controles de Mudança, estas não fazem parte do escopo deste trabalho.

## Referências

- Ahriz, S., Benmoussa, N., El Yamami, A., Mansouri, K., & Qbadou, M. (2021). A new approach for Information Technology Service Management in time of crisis using Information Technology Infrastructure Library. *EDULEAR N21 Proceedings*, 1, 10159–10161. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2021.2093>
- Araújo, M. A. E. (2020). *Gênios: Framework para Planejamento Visual de TI Utilizando Arquitetura Corporativa* [MS Thesis, Universidade Federal de Pernambuco]. <http://cin.ufpe.br/~posgraduacao>
- Axelos. (2019). ITIL ® Foundation ITIL 4 Edition. Em TSO (The Stationery Office) (Org.), *The Stationery Office* (1º ed).
- Branco Jr., T. T., & Fonseca, I. C. da. (2023). Um Inquérito para Verificação da Cibersegurança nas Organizações Públicas Municipais em Portugal. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 48, 41–58. <https://doi.org/10.17013/risti.48.41-58>
- Brasil. (2021). *Guia de PDTIC do SISP - Versão 2.1* (Secretaria de Governo Digital, Org.). <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/sisp/guia-do-gestor/documentos/guia-de-pdtic-do-sisp-2-1/view>
- Cappelozza, A., & Moraes, G. H. S. M. de. (2015). A influência da infraestrutura de tecnologia da informação sobre a mobilidade computacional de usuários e a computação em nuvem. *Revista de Tecnologia Aplicada*, 2(3), 3–15.
- Comitê Gestor da Internet no Brasil. (2022). *TIC Governo Eletrônico 2021* (Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR, Org.). Comitê Gestor da Internet no Brasil. [www.cetic.br](http://www.cetic.br)
- Hertvik, J. (2020, outubro 17). *IT Infrastructure Management: An Introduction*. BMC - IT Operations Blog. <https://www.bmc.com/blogs/it-infrastructure-management>
- Horita, F. E. A., & Barros, R. (2012, outubro). Gaia Human Resources – An approach to integrate ITIL and Maturity Levels focused on improving the Human Resources Management in Software Development. *25th International Conference on Computer Applications in Industry and Engineering*.

- Nogueira, R. (2002). Elaboração e análise de questionários: uma revisão da literatura básica e a aplicação dos conceitos a um caso real. *Relatórios Coppead*. <http://hdl.handle.net/11422/9225>
- Paiva, A. M. M. de, Nunes, E. P. S., & Maciel, C. (2021). Plano Diretor de Tecnologia da Informação e Comunicação: objetivos estratégicos orientados pela e-governança. Em *Anais do IX Workshop de Computação Aplicada em Governo Eletrônico*. (p. 49–58). SBC. <https://doi.org/10.5753/wcge.2021.15976>
- Prospero Sanchez, O., & Cappellozza, A. (2012, outubro). Antecedentes da Adoção da Computação em Nuvem: Efeitos da Infraestrutura, Investimento e Porte. *Revista de Administração Contemporânea*, 16, 646–663. <https://doi.org/10.1590/S1415-65552012000500002>
- Przebylłowicz, E., Cunha, M. A., & Meirelles, F. de S. (2018). O uso da tecnologia da informação e comunicação para caracterizar os municípios: quem são e o que precisam para desenvolver ações de governo eletrônico e smart city. *Revista de Administração Pública*, 52(4), 630–649. <https://doi.org/10.1590/0034-7612170582>
- Rocha, L. S. S. da. (2019). *Gaia Transição De Serviços: Framework Para Implantação Da Transição Serviços De TI* [MsThesis]. Universidade Estadual de Londrina.
- Roush, J. (2017, maio 17). *Infrastructure Monitoring vs Management: What's The Difference*. BMC - IT Operations. <https://www.bmc.com/blogs/infrastructure-monitoring-vs-management-whats-difference/>
- Roush, J. (2018, janeiro 5). *IT Infrastructure Planning: How To Get Started*. BMC - IT Operations. <https://www.bmc.com/blogs/it-infrastructure-planning>
- Santana, J. E., & Barros, R. M. de. (2022). Gestão de Riscos para entrega de Valor Público no Governo Eletrônico. *19th CONTECSI International Conference on Information Systems and Technology Management*.
- Santos, J. G. dos. (2013). Proposta de Melhoria do Processo de Contratação de Serviços de TI e da Gestão dos Contratos na Administração Pública Federal. *Revista Eixo*, 2(1), 17–38. <http://revistaeixo.ifb.edu.br/index.php/RevistaEixo/article/view/106>
- Ueno, W. H. (2019). *Gaia Continuidade: Um Framework Para Gestão De Continuidade Dos Serviços de TI* [Ms Thesis]. Universidade Estadual de Londrina.

# ***People Analytics: Otimizando a alocação de talentos através do alinhamento as habilidades e interesses dos funcionários com as necessidades da organização***

Stênio S. Silva<sup>1</sup>, João J. C. Gondim<sup>2</sup>, Mauricio R. Lyra<sup>3</sup>, Igor R. S. Simões<sup>4</sup>, Kaius P. Correa<sup>5</sup>

steniosoares1@hotmail.com; gondim@unb.br; mauricio.lyra@gmail.com; igor@bb.com.br; kaiusdepaulacorreia@gmail.com

<sup>1</sup> Universidade de Brasília, 70910-900, Brasília, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade de Brasília, 70910-900, Brasília, Brasil.

<sup>3</sup> Centro Universitário de Brasília, 70790-075, Brasília, Brasil.

<sup>4</sup> Universidade de Brasília, 70910-900, Brasília, Brasil.

<sup>5</sup> Universidade de Viçosa, 36570-900, Viçosa, Brasil.

**Pages: 289-301**

**Resumo:** Em ambientes empresariais dinâmicos, a gestão estratégica de talentos alinhada aos objetivos organizacionais é essencial. Este estudo propõe um framework para otimizar a alocação de talentos, fundamentado em três técnicas de otimização — Emparelhamento de Cardinalidade Máxima, Otimização Híbrida e Método Húngaro —, visando alinhar as habilidades e interesses dos funcionários com as necessidades organizacionais. Um estudo de caso em uma grande instituição financeira brasileira, no qual foram alocados 409 novos funcionários, demonstra a aplicação prática do framework. Os resultados indicam a eficácia do modelo proposto, representando um avanço significativo para a Gestão de Recursos Humanos. Dessa forma, o artigo oferece um modelo orientado por dados, replicável e adaptável a diversos contextos organizacionais.

**Palavras-chave:** *People Analytics*, Técnicas de Otimização, Recursos Humanos, Alocação de Funcionários, Recrutamento de Talentos.

***People Analytics: Optimizing Talent Allocation by Aligning Employees' Skills and Interests with Organizational Needs***

**Abstract:** In dynamic business environments, strategic talent management aligned with organizational objectives is essential. This study proposes a framework to optimize talent allocation, based on three optimization techniques—Maximum Cardinality Matching, Hybrid Optimization, and the Hungarian Method—aiming to align employees' skills and interests with organizational needs. A case study conducted in a large Brazilian financial institution, where 409 new employees

were allocated, demonstrates the practical application of the framework. The results indicate the effectiveness of the proposed model, representing a significant advancement for Human Resource Management. Thus, the article offers a data-driven, replicable model adaptable to various organizational contexts.

**Keywords:** *People Analytics*, Optimization Techniques, Human Resources, Employee Allocation, Talent Recruitment.

## 1. Introdução

O recrutamento eficaz da força de trabalho representa um dos processos mais estratégicos e desafiadores dentro de uma organização (Pessach, 2020, p. 134). Empresas que se envolvem em processos extensivos de atração enfrentam o desafio crucial de garantir a alocação correta de novos talentos, na busca pela maximização do uso das habilidades dos novos colaboradores. Várias métricas são usadas para identificar talentos, geralmente categorizadas em três principais dimensões: desempenho, potencial e dinâmicas de desempenho (Sturman, 2007, pp. 49–110). Esse desafio é acentuado com a chegada de novos funcionários, para os quais a organização ainda não possui métricas estabelecidas, tornando a fase de integração um período crítico para alinhar habilidades e atender às demandas organizacionais.

Acrescenta-se a esse desafio característica comum na gestão de pessoas: o uso da intuição como elemento de validação em processos de atração, sucessão e alocação de talentos (Santos, 2018). Em resposta à necessidade de uma gestão mais orientada a dados, surge o conceito de People Analytics, que aplica técnicas estatísticas, de otimização, de aprendizado de máquina e inteligência artificial para gerar informações estratégicas em recursos humanos (West, 2020, pp. 2–14).

Este estudo visa desenvolver um framework que atenda organizações com grandes volumes de vagas, diversidade de cargos e complexidade. São sugeridas duas principais aplicações: a alocação inicial de novos funcionários — especialmente em organizações onde a atração ocorre por concursos públicos, sem etapas de entrevista — e a realocação de talentos já presentes, aplicável em qualquer organização. O estudo explora a busca pela alocação ideal de uma perspectiva global, alinhando as habilidades técnicas e interesses dos funcionários com as necessidades da organização.

Para ilustrar o framework, este estudo apresenta uma aplicação prática com dados reais, alocando 409 novos funcionários em 707 posições na área de tecnologia do Banco do Brasil S.A., maior instituição financeira da América Latina. O framework segue quatro etapas: Mapeamento dos conhecimentos técnicos dos funcionários, Mapeamento dos interesses dos funcionários, Mapeamento das necessidades organizacionais e Alocação Ideal. Para a alocação, três técnicas de otimização são aplicadas: Emparelhamento de Cardinalidade Máxima, Otimização Híbrida (Heurística + Branch and cut + Simplex primal + Crossover) e Método Húngaro.

## 2. Revisão da Literatura

O People Analytics emerge como uma disciplina na interseção entre estatísticas, ciência comportamental, sistemas de tecnologia e estratégias de RH (West, 2020, pp. 9–56). A

eficácia do People Analytics está relacionada a três fatores principais: a qualidade dos dados coletados, a capacidade analítica dos gestores de RH e o nível de integração entre os insights gerados e as estratégias organizacionais (McCartney & Fu, 2022, pp. 11-18).

Estudos apontam que o *People Analytics* é a maior tendência na gestão de RH (*Great Place to Work*, 2019, pp. 1-5). Além disso, o relatório de tendências do LinkedIn 2023 (*LinkedIn 12 HR Trends*, 2023, pp.1-4) colocou “Gerar e aproveitar o valor do *People Analytics*” em quarto lugar entre as principais tendências, destacando que todas as empresas “Líderes” integram insights do *People Analytics* em suas decisões estratégicas, em contraste com apenas 19% das empresas “Não-Líderes”.

Estudos sobre gestão de talentos indicam que a definição de talento não é universalmente estabelecida e varia de acordo com o contexto (Vaiman, Collings, & Scullion, 2017, pp. 294–297). Pesquisas sobre critérios bem estabelecidos para identificar talentos (Tyskbo, 2021, pp. 2150–2184) mostraram que esses critérios podem ser destilados em um modelo computacional. Essas dimensões são influenciadas por fatores contextuais, suas interpretações podem variar entre diferentes organizações (Gallardo-Gallardo, Thunnissen, & Scullion, 2020, pp. 457–473).

Rahardja, Andriyani e Triyono (2020) examinam a otimização de escalas de trabalho aplicadas à gestão de equipes de marketing, enfatizando como modelos de programação podem melhorar a alocação de força de trabalho e maximizar a eficiência operacional.

Alam et al. (2022) investigam o uso do Método Húngaro para resolver problemas de alocação, aplicando-o a cenários balanceados e desbalanceados. O estudo destaca a eficácia do método na minimização dos custos totais de distribuição de recursos e na melhoria da eficiência operacional.

Tanasescu et al. (2024) exploram o uso de técnicas de machine learning para otimizar e prever o desempenho de funcionários, focando em fatores individuais e relacionados ao trabalho. Esse estudo demonstra que a análise de dados pode reduzir a subjetividade nas avaliações de desempenho, promovendo uma alocação mais objetiva e eficiente de talentos.

Estudos de alocação aplicaram métodos de otimização, como a programação linear inteira mista, para distribuir recursos e pessoal no setor de saúde, ressaltando a importância de modelos matemáticos na gestão eficiente de recursos humanos (Yinusa & Faezipour, 2023, p. 78).

O que é evidente é que, embora haja uma ênfase no alinhamento com os princípios da gestão de pessoas orientada por dados, os trabalhos acadêmicos recentes não mostram estudos com abordagem semelhante, particularmente em termos de alocação de talentos em vagas utilizando técnicas de otimização de casamento perfeito.

### 3. Metodologia

Para orientar essa análise, exploramos as seguintes perguntas de pesquisa principais:

- Como a aplicação de técnicas de otimização, como o Método Húngaro, o Emparelhamento de Cardinalidade Máxima e a Otimização Híbrida, pode otimizar a alocação dos funcionários?

- De que maneira o alinhamento entre habilidades/interesses declarados dos funcionários e as necessidades organizacionais impacta a produtividade dos funcionários alocados?

O framework proposto, estruturado em três etapas, visa uma alocação eficiente dos funcionários, alinhando suas habilidades técnicas e interesses dos colaboradores com as necessidades da organização:

1. Mapeamentos das Necessidades, Conhecimentos e Interesses
2. Matriz de Pontuação
3. Alocação Ótima

3.1. Mapeamentos das Necessidades, Conhecimentos e interesses

Essencialmente, há 5 tabelas iniciais (figura 1):

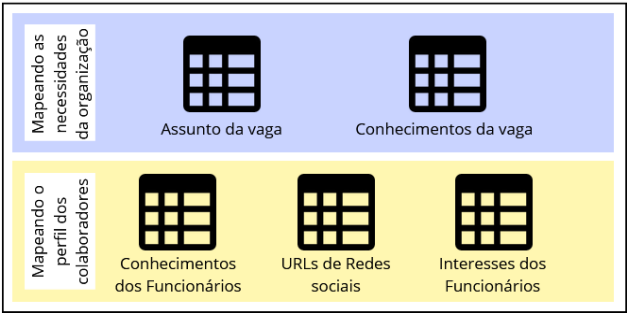


Figura 1 – Tabelas iniciais

Essas tabelas podem ser agrupadas em duas categorias:

1º) Tabelas para Mapeamento das Necessidades da Organização: Neste grupo, existem duas tabelas, ambas preenchidas pela organização:

A) Assunto da vaga: Esta tabela reflete o mapeamento dos macrotópicos para todas as posições disponíveis e pode ser aplicada a qualquer organização, de qualquer setor. Cada posição deve ter apenas um macrotópico. No caso apresentado os macro tópicos são os mostrados na Tabela 1.

| Desenvolvedor Java/Cloud         | Governança de TI                         |
|----------------------------------|------------------------------------------|
| Desenvolvedor Mobile             | Infraestrutura de TI                     |
| Desenvolvedor Web                | Inteligência Artificial/Ciência de Dados |
| Especialista de UX               | Mainframe/Desenvolvedor Cobol            |
| Especialista em Metodologia Ágil | Segurança Cibernética                    |

Tabela 1 – Assunto da vaga



O gestor da vaga responde a um formulário indicando qual é o assunto da vaga; por exemplo, Vaga A: Desenvolvedor Web.

B) Conhecimentos da vaga: Os “Conhecimentos das Vagas” representam as ferramentas ou conhecimentos técnicos específicos necessários para cada posição. Os conhecimentos podem ser ajustados para qualquer organização, conforme as necessidades. A partir da complexidade das posições, é definido o número mínimo e máximo de conhecimentos que cada posição pode ter. No caso exemplificado, foi utilizado um mínimo de um conhecimento e um máximo de três conhecimentos. Os tópicos utilizados estão apresentados na Tabela 2.

|                         |                      |                    |                     |
|-------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
| Agile Coach             | Data Scientist       | JCL                | Public Clouds       |
| AI Ops                  | Design               | Kanban             | Puppet              |
| Analytics Tools         | Distributed Database | Kubernetes         | Python              |
| Android                 | Docker               | Mainframe CICS     | Quarkus             |
| Ansible                 | FinOps               | Mainframe DB2      | React Native        |
| Aplication Server       | Framework Angular    | Mainframe Hard     | Research            |
| Artificial Intelligence | Framework React      | Mainframe Software | Scala               |
| Assembly                | GO                   | Middleware         | Scrum               |
| AWS                     | Google               | Monitoring         | SER                 |
| Azure                   | IA Tools             | Natural            | Signal Processement |
| C/C ++                  | IOS                  | Net                | Spring Boot         |
| CI / CD                 | ISSO 20000           | NLP/LLMs           | Storage             |
| Cobit                   | IT Infraestruture    | Node JS            | Terraform           |
| Cobol                   | ITL/ITSM             | Observability      | UX                  |
| Computing Vision        | ITSM                 | Openstack          | Virtual Server      |
| CX                      | Java                 | Operacional System | Web Developer       |
| Data Enginier           | Java Script          | Others             | Writing             |

Tabela 2 – Conhecimentos da vaga

O gestor da vaga responde a um formulário indicando quais são os conhecimentos necessário pra a vaga; por exemplo, Vaga A: Java Script, UX, Framework React.

2º) Dados para Mapeamento de Perfis dos Colaboradores: Este grupo contém três tabelas, todas preenchidas pelos funcionários.

Conhecimentos dos Funcionários: Cada funcionário declara o número de anos de experiência profissional em cada um dos tópicos (os mesmos listados na Tabela 2 – Conhecimentos da vaga). Conforme as necessidades do negócio, é definida a escala para pontuar a experiência em cada conhecimento. No caso em questão, foi utilizada uma escala de 0 a 6, onde “0” representa nenhuma experiência, “1” um ano, “2” dois anos, “3” três anos, “4” quatro anos, “5” cinco anos e “6” mais de cinco anos. A título de exemplo, candidato Y: Agile Coach: 0; AI Ops: 0; Analytics Tools: 1; Android: 4; Ansible: 2; etc.

B) Interesses dos Funcionários: Cada funcionário declara os Assunto com interesse de trabalho de forma hierárquica (os mesmos listados na Tabela 1 - Assunto da Vaga). No caso do artigo, cada funcionário declarou três tópicos de interesse hierarquizados em ordem de preferência: maior preferência, preferência média e menor preferência. A título de exemplo, candidato Y: 1º) Especialista em UX; 2º) Inteligência Artificial/ Ciência de Dados; 3º) Segurança Cibernética.

C) URLs de Redes Sociais: Os funcionários informam as URLs de seus perfis em redes sociais que demonstram conhecimento nos tópicos de interesse da organização. Foram solicitadas três URLs: LinkedIn, GitHub e Currículo Lattes. Esses dados serão processados em LLM para gerar uma pontuação para cada item na tabela 1 (Assunto da vaga).

3.2. Matriz de Pontuação

Do ponto de vista do ETL, o processo é orientado a um único propósito: gerar uma tabela que atribua uma pontuação a cada candidato para cada posição disponível. Essa tabela, chamada “Tabela de Pontuação Final: Funcionários vs Vagas,” pode resultar em uma matriz quadrática ou não quadrática, dependendo do número de candidatos e de vagas. Para construir essa tabela final, será seguido o esquema demonstrado na Figura 2.

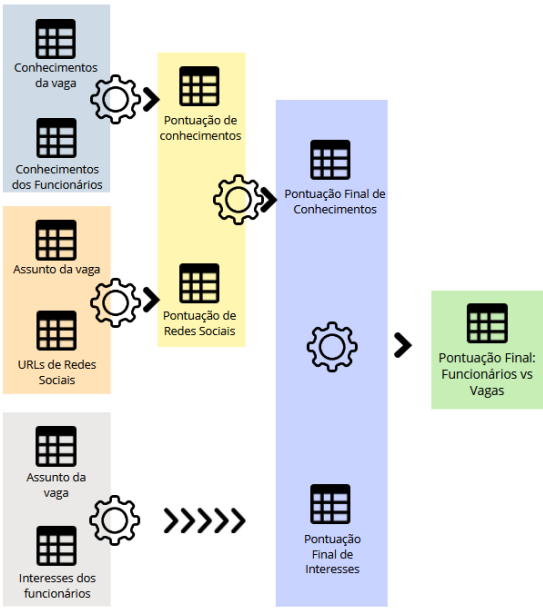


Figura 2 – Framework de afinidade

De uma perspectiva global, para chegar à “Tabela de Pontuação Final: Funcionários vs Vagas”, os seguintes passos são necessários:

1º passo: Calcular uma pontuação parcial para cada candidato em cada vaga cruzando as tabelas “Conhecimentos da vaga” e “Conhecimentos dos Funcionários”. Essa pontuação representa o alinhamento do conhecimento declarado pelo funcionário com cada conjunto de conhecimentos definidos para cada vaga. No estudo em questão, a escala utilizada para cada correspondência de conhecimento varia de 0 a 6 pontos, seguindo a mesma escala do número de anos declarado pelo candidato. Como cada vaga no caso pode registrar até 3 tópicos de conhecimento, este item pode pontuar até 18 pontos por candidato/vaga.

2º passo: Calcular a pontuação parcial para cada candidato em cada vaga acessando os links da tabela “URLs de Redes Sociais”. O acesso é feito via web scraping, capaz de acessar os links das redes sociais, e com esses dados, uma solução LLM é usada para analisar o percentual de alinhamento com a tabela “Assunto da vaga”. No estudo mencionado, devido a possíveis alucinações, foram considerados apenas aqueles que tinham mais de 30% de alinhamento em conhecimentos específicos, utilizando o script empregado. A escala usada é de até 6 pontos se atingir 100% de alinhamento. Se isso não for de interesse da organização, é possível não usar essa base de dados e executar o processo apenas com as bases restantes.

A análise realizada com o LLM requer a elaboração de um prompt adequado para esse fim. O prompt deste estudo utilizou como base alguns padrões específicos para o ChatGPT (White et al., 2023, p. abs/2302.11382). O primeiro guia o LLM a assumir uma persona capaz de realizar a análise com um conhecimento específico. Para esse fim, foi elaborado o segmento “O assistente é um especialista em contratação de profissionais de TI para um grande banco, avaliando o perfil dos profissionais, com o objetivo de indicar o candidato para um determinado cargo. Sua tarefa é emitir uma pontuação de 0 a 100 com base no nível de compatibilidade do profissional. Os perfis a serem considerados são...”. O texto foi complementado com as funções necessárias. Não foi necessário especificar as atribuições da função; foi fornecido apenas o título, conforme Tabela 1.

3º passo: Calcular a soma da “Pontuação de Conhecimentos” e da “Pontuação de Redes Sociais”, que é a soma dos tópicos anteriores, gerando a tabela “Pontuação de Conhecimento Final”, que mostra a pontuação final de cada candidato em cada vaga. No caso em questão, a pontuação máxima possível para cada candidato/vaga é de 24 pontos, somando os limites das tabelas anteriores.

4º passo: Calcular a pontuação a partir da relação entre as tabelas “Assunto da vaga” e “Interesses dos Funcionários”. Essa pontuação ocorre quando há coincidência entre os interesses declarados pelos funcionários e o valor mapeado por cada vaga a partir da Tabela 1 (Assunto da vaga). No caso em questão, foi decidido que cada funcionário poderia declarar até 3 interesses por ordem de preferência, onde a coincidência do macrotópico da vaga com a primeira preferência do candidato pontua 8 pontos, com a segunda preferência 5 pontos e com a terceira preferência 3 pontos.

5º passo: Calcular a matriz final (Tabela “Pontuação Final: Funcionários vs Vagas”) que gerará a base a ser utilizada pelos otimizadores para localizar a distribuição ideal. Esse cálculo é feito somando as pontuações das tabelas “Pontuação Final de Conhecimentos” e “Pontuação Final de Interesses”. No estudo de caso em questão, uma matriz não quadrada de 409:707 é obtida cruzando os 409 novos funcionários a serem alocados

com as 707 vagas mapeadas, onde cada candidato tem uma pontuação em cada vaga, totalizando 289.163 registros.

### 3.3. Otimização

O foco desta seção é buscar a melhor distribuição de funcionários entre as vagas, com base na distribuição dos conhecimentos e interesses declarados. O foco é na busca do “cenário ótimo”, que se pode ter inclusive múltiplos cenários ótimos, com valores finais idênticos (máximo possível).

**Função Objetivo:** A função objetivo visa maximizar o alinhamento entre as habilidades/interesses dos candidatos e as necessidades das posições:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S_{ij} \cdot x_{ij}$$

**Restrição de Alocação Única:** Cada candidato deve ser alocado a, no máximo, uma posição:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1, \forall i$$

**Restrição de Necessidade da Posição:** Cada posição deve ser preenchida por apenas um candidato:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \forall j$$

$x_{ij}$  é uma variável binária que indica se o candidato  $i$  foi alocado à posição  $j$  (1 se alocado, 0 caso contrário).

Neste contexto, serão discutidas três técnicas de otimização distintas e feitas comparações entre elas: Emparelhamento de Cardinalidade Máxima, Otimização Híbrida (Heurística + Branch and Cut + Simplex Primal + Crossover) e o Método Húngaro.

A) Emparelhamento de Cardinalidade Máxima: O Emparelhamento de Cardinalidade Máxima em um grafo bipartido é utilizado para encontrar a melhor correspondência possível entre dois conjuntos distintos—neste caso, candidatos e vagas—de forma que o número de correspondências seja maximizado. Cada candidato e cada vaga são representados como vértices em dois conjuntos separados, e as arestas entre esses vértices representam correspondências potenciais, ponderadas com base nas pontuações de compatibilidade, derivadas das qualificações dos candidatos e dos requisitos das vagas.

Em resumo, são desenhadas arestas entre todos os vértices de origem e destino (candidatos e vagas), resultando na melhor correspondência possível, onde cada vértice de origem só pode corresponder a um vértice de destino e vice-versa. Na Figura 3, apresentamos um gráfico que mostra as alocações ideais de vértices e arestas para o estudo de caso. A visualização torna-se complexa devido ao número de vagas e funcionários.

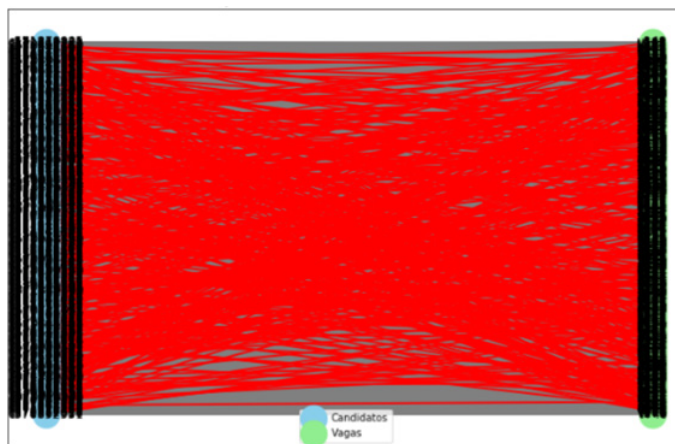


Figura 3 – Casamento perfeito – Vértices e Arestas

B) Otimização Híbrida: Essa abordagem combina programação linear e heurísticas para alcançar a alocação ideal de recursos. O problema é modelado como um problema de programação inteira binária, onde as variáveis de decisão  $x[i,j]$  indicam se o candidato  $i$  é atribuído à vaga  $j$  (1 se for atribuído, 0 caso contrário). Esta técnica segue as etapas a seguir (usando o Gurobi como otimizador): Heurísticas, Branch and Cut, Simplex Primal e Crossover.

C) Método Húngaro (algoritmo de Kuhn-Munkres): O Método Húngaro é um algoritmo eficiente de otimização combinatória projetado para resolver problemas de alocação, envolvendo a atribuição de tarefas a agentes de modo a minimizar o custo total ou maximizar a eficiência. Esse método alcança tal objetivo por meio da redução sistemática da matriz de custos e da busca pela alocação ideal, com uma série de etapas que envolvem minimização de custos e cobertura de zeros.

Este método foi escolhido devido à sua complexidade de tempo polinomial, garantindo que mesmo problemas de grande escala possam ser resolvidos de forma eficiente. Sua capacidade de fornecer uma solução exata o torna altamente eficaz para nossas necessidades de alocação de recursos, onde a precisão é essencial.

#### 4. Avaliação das Técnicas

Foi verificado que todas as técnicas aplicadas resultaram no mesmo cenário, alcançando 3577 pontos de aproveitamento nas alocações. Como esperado, todas as técnicas atingiram o cenário ótimo.

Em relação aos tempos de execução, em uma máquina com configuração processador i5 de 8ª geração, 8GB de RAM e 2GB de GPU, o Método Húngaro destacou-se notavelmente por sua velocidade de execução excepcional (0,1 segundos). Todos os tempos foram considerados aceitáveis, sendo o mais longo de aproximadamente 4 minutos, o que é insignificante, considerando que a execução ocorre apenas uma vez para promover a alocação ideal.

A probabilidade de cenários distintos para 409 funcionários e 707 posições de:  $P(707, 409) = 707! / (707 - 409)! = 6,08 \times 10^{887}$

Esse número é maior do que a quantidade de partículas no universo observável. A eficácia matemática deste modelo foi comprovada ao comparar os cenários ótimos obtidos com um milhão de cenários aleatórios. A melhor pontuação nesses cenários aleatórios foi de 1942, enquanto a solução proposta alcançou 3577 pontos, o que representa um desempenho 84,2% superior.

## 5. Avaliação dos Resultados

Para metrificar o desempenho dos 409 candidatos alocados nas vagas indicadas, utilizou-se a quantidade de commits nos primeiros 100 dias de trabalho como indicador de produtividade, considerando tratar-se de uma área de TI. Contudo, devido à diversidade de funções nas áreas de alocação, que vão de desenvolvimento de softwares a infraestrutura, apenas 192 candidatos realizaram commits nesse período, o que constituiu o universo amostral observado para a análise. Não foi realizado tratamento de *outliers* na análise, uma vez que entendemos que a variação na quantidade de *commits* reflete características individuais e específicas do comportamento humano no ambiente de trabalho.

A primeira abordagem a ser utilizada para validação da hipótese alternativa foi o coeficiente de Pearson. O resultado foi um coeficiente de correlação de 0,201, indicando uma correlação positiva entre a pontuação de afinidade e o desempenho medido em *commits*.

A ANOVA foi aplicada para investigar diferenças significativas no número de commits entre diferentes níveis de afinidade. Para esta análise, as pontuações foram agrupadas em cinco categorias: Nenhuma Afinidade (0 pontos): 14 pessoas; Baixa Afinidade (1 a 7 pontos): 33 pessoas; Média Afinidade (8 a 12 pontos): 77 pessoas; Alta Afinidade (13 a 20 pontos) : 51 pessoas; Altíssima Afinidade (acima de 20 pontos): 17 pessoas.

Os resultados da ANOVA foram: F-Statistic: 3.511; p-value: 0.0086.

A estatística F de 3,511 representa a razão entre a variabilidade explicada pelo modelo (variabilidade entre os grupos) e a variabilidade não explicada (variabilidade dentro dos grupos). Um valor mais elevado da estatística F indica que a variabilidade entre as médias dos grupos é significativamente maior do que a variabilidade dentro dos grupos, sugerindo diferenças reais entre os grupos analisados.

Com um valor-p de 0,0086, que é significativamente menor do que o nível de significância comum de 0,05, a ANOVA indica que há uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos de afinidade em relação à média de commits.

Conforme percebido na figura 4, os grupos de Alta Afinidade e Altíssima Afinidade apresentam médias superiores aos grupos de afinidade inferior, sendo que a média do grupo de Alta Afinidade (280,80) é especialmente notável, destacando-se de forma expressiva das demais. Esse comportamento sugere que o framework proposto de alocação de candidatos, baseado em afinidade, foi eficaz ao identificar uma relação

positiva entre o alinhamento das habilidades/interesses dos candidatos e o desempenho nas atividades.

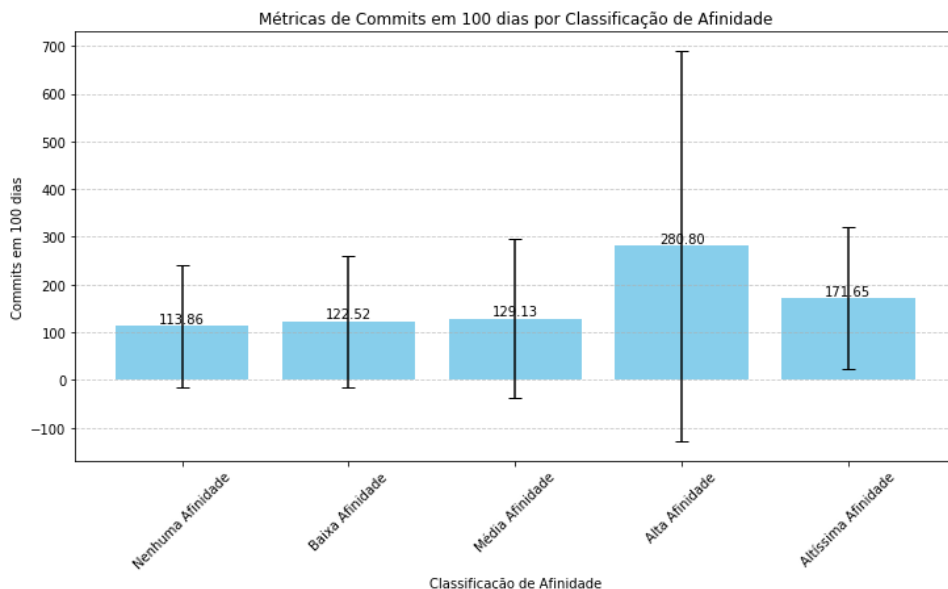


Figura 4 – Média de Commits 100 dias por Afinidade

No entanto, a média da Altíssima Afinidade é inferior à da Alta Afinidade, o que pode indicar uma variabilidade no desempenho ou outros fatores contextuais. Ainda assim, a tendência geral respalda a lógica do framework, pois candidatos alocados em vagas com maior correspondência de afinidade tendem a apresentar um número superior de *commits*, evidenciando que a consideração de habilidades e interesses específicos para a alocação tem impacto positivo no desempenho inicial dos funcionários.

## 6. Conclusão

Este estudo valida a eficácia do framework proposto para a alocação de talentos, demonstrando sua superioridade em relação a alocações aleatórias, com um desempenho 84,2% maior na pontuação global de correspondência entre conhecimentos e necessidades das vagas, quando comparado à melhor pontuação obtida entre um milhão de simulações aleatórias.

Para avaliar a relação entre afinidade e desempenho, aplicamos o Coeficiente de Pearson, ANOVA e análise das médias de commits por grupos de afinidade. Os resultados confirmam a validade do modelo, indicando que um maior alinhamento entre conhecimentos dos candidatos e requisitos das vagas impacta positivamente a produtividade.



Os achados reforçam que a aplicação de técnicas avançadas de análise e otimização pode transformar a gestão de talentos, proporcionando um ambiente organizacional mais eficiente e produtivo. O framework demonstrou-se replicável e adaptável a diferentes contextos organizacionais, estabelecendo-se como uma ferramenta estratégica e orientada por dados para uma gestão de talentos mais eficaz.

Pesquisas futuras poderiam explorar a aplicabilidade deste modelo em setores variados e integrar variáveis adicionais, como habilidades interpessoais e adaptabilidade cultural, para uma compreensão mais holística da gestão de talentos. A continuidade deste trabalho abre novas possibilidades para uma gestão de recursos humanos mais estratégica e baseada em evidências, redefinindo práticas organizacionais de alocação de talentos e aprimorando as políticas de gestão de pessoas.

## Referências

- Alam, S. T., Sagor, E., Ahmed, T., Haque, T., Mahmud, M. S., Ibrahim, S., Shahjahan, O., & Rubaet, M. (2022). Assessment of Assignment Problem using Hungarian Method. In *Proceedings of the First Australian International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Sydney, Australia, December 20-21. <https://ieomsociety.org/proceedings/2022australia/498.pdf>.
- Gallardo-Gallardo, E., Thunnissen, M., & Scullion, H. (2020). Talent management: Context matters. *The International Journal of Human Resource Management*, 31(4), 457–473. <https://doi.org/10.1080/09585192.2019.1631278>
- Great Place to Work. (2019). *Relatório de tendências de RH 2019*. Great Place to Work Brasil. Disponível em <https://conteudo.gptw.com.br/tendencias-de-rh-2019>
- LinkedIn. (2023). 12 HR trends for 2023: Shaping the future of human resources. LinkedIn Talent Solutions, 1-4. <https://www.linkedin.com/pulse/12-hr-trends-2023-humanising-future-work-david-green->
- McCartney, S., & Fu, N. (2022). *Bridging the gap: Why, how, and when HR analytics can impact organizational performance*. *Management Decision*, 60(13), 11-18. <https://doi.org/10.1108/MD-12-2020-1581>
- Pessach, D. (2020). Employees recruitment: A prescriptive analytics approach via machine learning and mathematical programming. *Elsevier Journal*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2019.11.009>
- Rahardja, U., Andriyani, F., & Triyono, T. (2020). Model scheduling optimization workforce management marketing. *APTISI Transactions on Management (ATM)*, 4(2), 92–100. <https://dx.doi.org/10.33050/atm.v4i2.1259>
- Santos, Q. (2018). *Gestão de pessoas: Do processo intuitivo ao People Analytics*. Einstein (SP).
- Sturman, M. C. (2007). The past, present, and future of dynamic performance research. *Research in Personnel and Human Resources Management*, 26, 49–110. [https://doi.org/10.1016/S0742-7301\(07\)26002-3](https://doi.org/10.1016/S0742-7301(07)26002-3)

- Tanasescu, L. G., Vines, A., Bologa, A. R., & Vîrgolici, O. (2024). Data analytics for optimizing and predicting employee performance. *Applied Sciences*, 14(8), 3254. <https://doi.org/10.3390/app14083254>
- Tyskbo, D. (2021). Competing institutional logics in talent management: Talent identification at the HG and a subsidiary. *The International Journal of Human Resource Management*, 32(10), 2150–2184. <https://doi.org/10.1080/09585192.2020.1796317>
- Vaiman, V., Collings, D., & Scullion, H. (2017). Contextualising talent management. *Journal of Organizational Effectiveness: People and Performance*, 4(4), 294–297. <https://doi.org/10.1108/JOEPP-09-2017-0074>
- West, M. (2020). *People analytics for dummies* (pp. 2-14). Alta Book Editor.
- White, J., Fu, Q., Hays, S., Sandborn, M., Olea, C., Gilbert, H., Elnashar, A., Spencer-Smith, J., & Schmidt, D. C. (2023). A prompt pattern catalog to enhance prompt engineering with ChatGPT. *ArXiv*, abs/2302.11382. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:257079092>
- Yinusa, A., & Faezipour, M. (2023). Optimizing healthcare delivery: A model for staffing, patient assignment, and resource allocation. *Applied System Innovation*, 6(5), 78. <https://doi.org/10.3390/asi6050078>

# Ferramentas de Gerenciamento de Projeto e suas Interfaces Gráficas

Marcos Vinícius de Souza Toledo<sup>1</sup>, Fernando Kiffer de Souza Toledo<sup>2</sup>

[marcos.toledo@ifmg.edu.br](mailto:marcos.toledo@ifmg.edu.br); [fernando.toledo@si.ifbaiano.edu.br](mailto:fernando.toledo@si.ifbaiano.edu.br)

<sup>1</sup> Instituto Federal de Minas Gerais, Ponte Nova, 35.430-034, Minas Gerais, Brasil

<sup>2</sup> Instituto Federal Baiano, Santa Inês, 45.320-000, Bahia, Brasil

**Pages: 302-313**

**Resumo:** Este estudo teve como objetivo analisar a opinião dos funcionários de uma empresa de tecnologia da informação em relação à interface gráfica de duas ferramentas de gerenciamento de projetos. Como metodologia, a pesquisa foi de caráter descritiva e quantitativa por meio das análises dos questionários aplicados para os funcionários de uma empresa de tecnologia. A coleta de dados foi por meio de questionários, contendo doze questões referentes à interface de dois softwares de gerenciamento de projetos. Como resultados do estudo, perceberam-se que as variáveis como comunicação/interação, usabilidade e flexibilidade foram as que mais se destacaram após a extração dos dados coletados nos questionários pelos programas estatísticos e que a variável adaptabilidade foi a menos relevante no estudo. Como conclusões da pesquisa, têm-se que os softwares para gerenciamento de projetos são importantes, pois demonstraram cada etapa envolvida no projeto, reduzindo os custos e o tempo na elaboração de um projeto e que uma interface intuitiva é importante, para obter menos erros de informações por cada setor responsável pelo projeto em uma empresa.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de Projetos; Interfaces Gráficas; Tecnologia da Informação.

## *Project Management Tools and their Graphical Interfaces*

**Abstract:** This study aimed to analyze the opinion of employees of an information technology company regarding the graphical interface of two project management tools. The methodology used was descriptive and quantitative, using questionnaires administered to employees of a technology company. Data collection was done using questionnaires containing twelve questions about the interface of two project management software programs. The results of the study showed that variables such as communication/interaction, usability, and flexibility were the most prominent after extracting the data collected in the questionnaires using statistical programs, and that the adaptability variable was the least relevant in the study. The conclusions of the research were that project management software is important because it demonstrates each step involved in the project, reducing costs and time

in the preparation of a project, and that an intuitive interface is important to obtain fewer information errors for each sector responsible for the project in a company.

**Keywords:** Project Management; Graphical Interfaces; Information Technology.

## 1. Introdução

Este trabalho científico teve como tema principal o Gerenciamento de Projetos dentro de uma organização. Para esta pesquisa, houve o estudo da interface gráfica de duas ferramentas: o *Microsoft Project (MS)* e o *Work Breakdown Structure Chart Pro (WBS Chart Pro)*, que foram utilizados pelos funcionários de uma empresa de Tecnologia da Informação (TI).

Esses dois *softwares* foram importantes na elaboração de um projeto, pois **diminuíram** a falta de informações de uma equipe, porque as centralizou em ferramentas que gerenciou e assegurou fácil acesso de toda a equipe do que estava sendo realizado durante as fases de elaboração de um projeto.

Assim, surgiu como problema de pesquisa a seguinte questão a ser respondida ao final do estudo: Por que as interfaces gráficas são importantes para ferramentas de gerenciamento de projetos?

A partir do problema norteador do estudo, definiu-se o objetivo geral do trabalho que foi analisar a opinião dos funcionários de uma empresa de tecnologia da informação em relação à interface gráfica de duas ferramentas de gerenciamento de projetos. Consequentemente, os objetivos específicos foram: verificar o uso de ferramentas tecnológicas em face a equipe de gerenciamento de projetos; avaliar o uso de *softwares* para o gerenciamento de projetos e comparar a utilização da interface gráfica de dois *softwares* de gerenciamento de projetos.

A relevância dessa pesquisa foi demonstrar a importância do uso de ferramentas tecnológicas para administração de projetos para o cotidiano de uma empresa. Este fato, trouxe inúmeros benefícios dentro de uma equipe de gerenciamento de projetos, como: centralizar as informações em uma ferramenta capaz de acompanhar o andamento do projeto; evitar menos riscos e falhas de comunicações durante a sua execução e visualizar o andamento das fases de elaboração do projeto.

O método utilizado foi uma pesquisa de campo com os funcionários de uma empresa de tecnologia da informação, para fazer um estudo em relação a aceitação de uma interface gráfica de ferramentas para gerenciamento de projeto.

O artigo iniciou-se com uma introdução que mostrou uma visão geral da pesquisa, o tema, o problema do estudo, o objetivo geral e os objetivos específicos, a justificativa e uma breve descrição do método a ser aplicado no desenvolvimento da pesquisa.

Em seguida, foi apresentada a fundamentação teórica, em que autores embasaram as argumentações escritas durante a pesquisa. Nas próximas seções foram descritas a metodologia utilizada no decorrer do trabalho e os resultados encontrados com suas discussões. Por fim, a conclusão que trata da síntese final do trabalho com suas considerações finais.

## 2. Fundamentação Teórica

Esta seção apresentou os pontos de vista de diversos autores pesquisados, com o objetivo de identificar posturas e ideias. Na fundamentação teórica foram abordados os seguintes temas: Gerenciamento de Projetos; *Microsoft Project*; *Work Breakdown Structure Chart Pro* e Interface Usuário-Máquina.

### 2.1. Gerenciamento de Projetos

O Gerenciamento de Projetos é um conjunto de práticas usadas para fazer o planejamento, execução, monitoramento e controle de projetos em uma organização (PMI, 2017). Realizar um gerenciamento de projetos de maneira eficaz, facilita a comunicação e a coordenação de equipes por parte do gerente de projetos.

O gerente de projetos é um profissional responsável pela coordenação de uma equipe, geralmente é o indivíduo que tem mais experiência, que tem a função de planejar e coordenar a execução dos projetos dentro de uma empresa.

Deve-se ter em mente, primeiramente, o que seria um projeto. Um projeto seria um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo (PMI, 2017).

Com isso, pode-se refletir que um projeto tem um início, meio e fim pré-estabelecidos, com custos e prazos delimitados. Então, as características mais marcantes em um projeto são:

- a. Evento único;
- b. Temporário;
- c. Com objetivo claro;
- d. Produz um produto, serviço ou resultado único;
- e. Sequência lógica de atividades;
- f. Conduzido por pessoas.

Todas as elaborações de um projeto requerem desafios dentro de uma empresa, seja ela pessoal, orçamentária, comunicacional ou estimativa. A pessoal refere-se que cada projeto tem uma necessidade diferente de montar equipes com pessoas diferentes, pois como projetos são temporários, geralmente, mudam-se os indivíduos de um projeto para o outro.

No caso do desafio orçamentário, a empresa deve prever a disponibilidade de recursos financeiros para a inicialização de um projeto. A comunicacional é de extrema importância para o sucesso de qualquer projeto, pois uma comunicação falha entre os membros da equipe pode causar um prejuízo grande a empresa, pois impacta no desempenho e produtividade dos profissionais.

Como todo projeto é temporário, as empresas necessitam de estimativas precisas de custos e cronogramas, pois só deve-se gastar o que foi previsto no planejamento do trabalho e todo o projeto tem uma data de entrega para o cliente, que é importante para o sucesso de uma empresa, entregar seus projetos dentro do prazo estipulado.

Um projeto bem desenvolvido em uma empresa, faz com que ela se torne referência no mercado, mas para gerenciar bem qualquer projeto, necessitam-se de ferramentas, as chamadas Ferramentas de Gerenciamento de Projetos.

## 2.2. Microsoft Project

O *Microsoft Project* é uma ferramenta de apoio em gestão de projetos que oferece diversos recursos gráficos e visuais, desde a concepção até a finalização de determinado projeto. Esse *software* permite que o gerente de projeto juntamente com sua equipe, possa planejar, executar ou controlar inúmeras atividades que se relacionam entre si dentro de um projeto, alinhando o uso de recursos, custos, cronograma e as principais áreas de gerenciamento de projetos, como: gestão da integração e comunicação, gestão de escopo, tempo e recursos, e dentre outras.

De acordo com Pressman e Maxim (2019, p. 43), “o Microsoft Project foi pensado para apoiar o gerenciamento de projetos, pois a ferramenta presta suporte às estratégias durante o cumprimento de metas necessárias para alcançar um ou mais objetivos do projeto”. Dessa maneira, esse *software* pode ser utilizado tanto para metas específicas, como para a criação de um novo produto, e com isso auxilia o planejamento estratégico dentro de uma organização.

Essa ferramenta é de suma importância em gestão de projetos, pois ajuda na identificação dos pontos fortes de uma empresa e suas vulnerabilidades, que devem ser corrigidas para a entrega de um produto sem defeito e com qualidade na fase da finalização de um projeto para o cliente.

O gestor do projeto pode idealizar atividades, controlar prazos, estabelecer custos, designar recursos e qualificar o grau de importância de um projeto como um todo (SILVA & BARBOSA, 2010). Pela versatilidade desse *software* e sua interface gráfica, como mostrada na Figura 1, a equipe que está trabalhando no projeto terá dados precisos sobre todos os processos e etapas de um projeto.

Uma ferramenta para auxiliar na gestão de um projeto é importante, pois auxilia os gerentes de projeto no desenvolvimento de planos, fazer acompanhamento do progresso do projeto, gerenciar orçamentos e analisar o fluxo de trabalho que está sendo executado.

Existem inúmeras ferramentas para se trabalhar no Gerenciamento de Projetos como por exemplo, *Work Breakdown Structure Chart Pro*, que é uma ferramenta complementar que auxilia na execução de um projeto de forma eficiente e organizada.

## 2.3. Work Breakdown Structure Chart Pro

O *Work Breakdown Structure Chart Pro* é uma ferramenta visual que permite estruturar um projeto de maneira simplória, que contém todo o trabalho e as atividades necessárias para a finalização de um projeto.

Com esse *software*, é possível orientar o planejamento do projeto, facilitando o entendimento da equipe em cada etapa, que está sendo criada um projeto, e serve também como ponto de partida para a elaboração de um cronograma, identificando os riscos na construção do projeto.

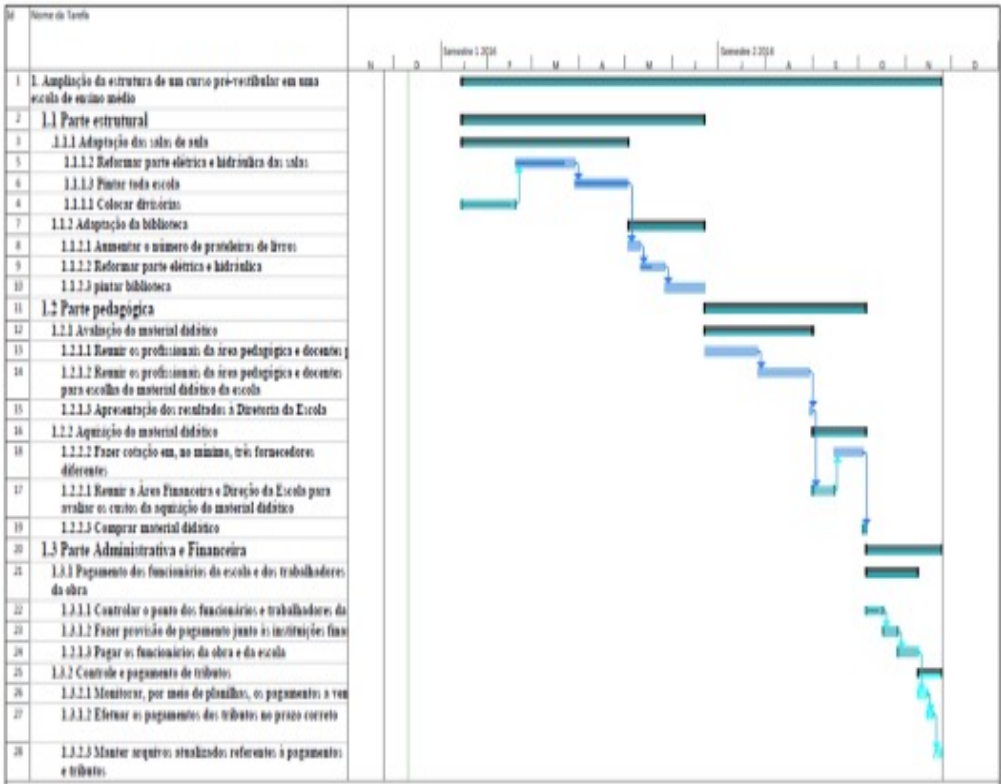


Figura 1 – Interface Gráfica do MS Project  
Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

O *WBS Chart Pro* traz inúmeros benefícios dentro de um projeto, como:

- Identificar as responsabilidades para cada fase do projeto;
- Descrever as atividades para realizar de forma clara e completa, evitando ambiguidade nos processos em um projeto;
- Atribuir certas tarefas a determinadas pessoas ou determinados recursos, evitando a duplicação na atribuição das atividades;
- Melhorar a compreensão do projeto das partes interessadas, que são os *stakeholders* internos e externos que pertencem a um projeto.

O *WBS* também é conhecido pelo nome de Estrutura Analítica de Projeto (EAP) que é normalmente concebida após o Termo de Abertura do Projeto, na segunda fase de um projeto, a fase de Planejamento, que também pode ser incluída na Declaração de Escopo, que é um documento que registra o início de um projeto.

Segundo Rebelo (2009, p. 17), “na Declaração de Escopo que fica descrita os detalhes sobre a realização do projeto e atividades que serão realizadas”. Esse documento serve para demonstrar tudo aquilo que foi planejado para um projeto.



A Figura 2 ilustra a parte visual de um EAP.

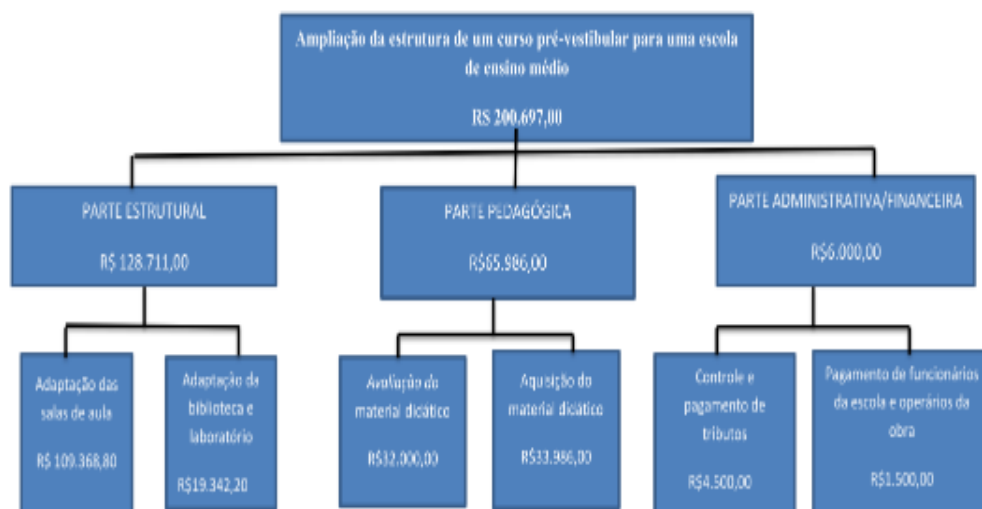


Figura 2 – Interface Gráfica do WBS Pro Chart  
Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Com a descrição e visualização do EAP, o gerente de projeto pode orientar as tarefas de acordo com que foi incluído ou excluído dentro de um escopo pré-definido para a execução de um projeto.

As ferramentas de gerenciamento de projetos são importantíssimas para a elaboração e execução de um projeto, mas para isto, deve-se conhecer sua interface gráfica, a fim de auxiliar os membros da equipe a manipularem os *softwares* de maneira bem intuitiva.

## 2.4. Interface Usuário-Máquina

De acordo com Almeida (2011, p. 2), a Interface Usuário-Máquina (IUM) “é tudo aquilo que faz com seja possível utilizar as máquinas por meio de uma interface”.

A interface do usuário é o conjunto dos controles e canais sensoriais mediante as quais um usuário pode comunicar-se com uma máquina (PRATES & BARBOSA, 2017).

Por exemplo, os funcionários dentro de uma empresa operacionalizar *softwares* de determinadas áreas, clicando nos botões de forma direta, pois o que caracteriza uma boa interface do usuário é ter alto grau de usabilidade, ser amigável e intuitiva.

Algumas características identificam uma interface clara e objetiva:

- Comunicação/Interação: é o processo de comunicação e interação de pessoas com sistemas interativos, voltada para as habilidades que o usuário deve ter para operar a máquina, assim como o modo pelo qual, ele faz uso do sistema;
- Usabilidade: é aplicada para que os usuários utilizem os sistemas sem dificuldades, definida como a qualidade de interação de uma interface e seu

- usuário, está relacionada à eficácia e eficiência da interface diante ao usuário e pela reação do usuário diante da interface;
- c. Flexibilidade: é uma maneira de adaptar as funcionalidades dos sistemas às necessidades da empresa, inclusive envolve o quesito segurança;
  - d. Adaptabilidade: refere-se à capacidade do sistema reagir, conforme o contexto, às necessidades e preferências dos usuários.

As interfaces usuário-máquinas proporcionam alguns benefícios às organizações, dentre eles: melhor visibilidade, maior eficiência, menor tempo de inatividade e capacidade de uso aprimorada.

Em relação a visibilidade, uma IUM bem definida e delimitada oferece recursos que auxiliam na produtividade do projeto ao longo do percurso, sendo que a eficiência está relacionada a visualização dos dados em um projeto.

A inatividade relaciona-se à capacidade do sistema responder a problemas com maior rapidez, o que reduz o tempo de inatividade do *software*, ao contrário, a capacidade de uso faz com que os usuários têm mais facilidade para visualizar e entender os dados do projeto.

Considerando o ponto de vista de Lemos, Maia, Toledo, Mafra e Toledo (2023), com o desenvolvimento das tecnologias na sociedade contemporânea, tem havido uma crescente criação de recursos em relação às interfaces gráficas, para serem cada vez mais intuitivas e interativas. Nesse cenário, os autores apontaram que projetar as interfaces com *design* simples e personalizadas são essenciais para um bom manuseio das ferramentas tecnológicas.

Com todos esses recursos e benefícios apresentados de algumas ferramentas de gerenciamento de projetos, faz com que os usuários utilizem esses sistemas de maneiras mais proveitosas, reduzindo os custos e o tempo de planejar, executar, monitorar e controlar as fases de gestão de um projeto.

### 3. Metodologia

Para alcançar o objetivo geral proposto no artigo, esta pesquisa iniciou-se com a revisão de literatura, a fim de amparar os resultados alcançados ao final do trabalho.

A metodologia utilizada na pesquisa foi descritiva e quantitativa.

A pesquisa é classificada quanto aos seus objetivos como descritiva que, segundo Gil (2010, p. 47), é aquela que “tem por objetivo descrever as características de determinada população ou fenômeno”, ou seja, o resultado do uso de *softwares* de gerenciamento de projetos no cotidiano de uma empresa.

O caráter da pesquisa é quantitativo. Segundo Moresi (2003):

*A primeira razão para se conduzir uma Pesquisa Quantitativa é descobrir quantas pessoas de uma determinada população compartilham uma característica ou um grupo de características. Ela é especialmente projetada para gerar medidas precisas e confiáveis que permitam uma análise estatística.*

*A Pesquisa Quantitativa é apropriada para medir tanto opiniões, atitudes e preferências como comportamentos (MORESI, 2003, p. 64).*

A pesquisa teve como amostra 25 funcionários de uma empresa de Tecnologia da Informação. Para a coleta dos dados, foi aplicado um questionário com 12 questões referente a interface de 2 *softwares* de Gerenciamento de Projetos, a fim de avaliar o resultado do uso da interface das ferramentas de gestão de projetos pelos usuários, ou seja, os funcionários da organização, como mostrado no Quadro 1.

| Microsoft Project e WBS |                                                                                                                |       |   |   |   |   |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---|---|---|---|
| ITENS                   |                                                                                                                | NOTAS |   |   |   |   |
|                         |                                                                                                                | 5     | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 01                      | O <i>software</i> oferece vocabulário adequado para a compreensão do conteúdo da ferramenta?                   |       |   |   |   |   |
| 02                      | Há facilidade de leitura da tela para obter uma interação adequada com o <i>software</i> ?                     |       |   |   |   |   |
| 03                      | O <i>design</i> do <i>software</i> é agradável e claro, dando melhor suporte a ferramenta?                     |       |   |   |   |   |
| 04                      | A documentação (tutorial) do <i>software</i> é de fácil compreensão?                                           |       |   |   |   |   |
| 05                      | O <i>software</i> tem rolamento de telas e janelas?                                                            |       |   |   |   |   |
| 06                      | O uso de imagens e/ou ilustrações do <i>software</i> utilizado desperta a atenção e a motivação da ferramenta? |       |   |   |   |   |
| 07                      | O uso de cor do <i>software</i> utilizado desperta a atenção e a motivação do conteúdo da ferramenta?          |       |   |   |   |   |
| 08                      | Há uso de ícones no <i>software</i> ?                                                                          |       |   |   |   |   |
| 09                      | As opções de <i>menus</i> representam as funcionalidades que estão por trás deles?                             |       |   |   |   |   |
| 10                      | Os itens dos <i>menus</i> estão ordenados de maneira apropriada ao uso (ordenação de uso e ordem alfabética)?  |       |   |   |   |   |
| 11                      | O <i>software</i> é de fácil compreensão e uso?                                                                |       |   |   |   |   |
| 12                      | Os comandos do <i>software</i> são compreendidos e claros ao utilizá-los?                                      |       |   |   |   |   |

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Quadro 1 – Questionário das Ferramentas de Gerenciamento de Projeto

Segundo Gil (2010), o questionário tem o objetivo de captar opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas e percepções dos respondentes de maneira uniformizada. O questionário foi customizado, segundo o uso do *software* para avaliação das interfaces gráficas, a fim de que os funcionários da empresa pudessem responder os questionários aplicados pelo pesquisador do estudo.

No questionário foi utilizada a escala *Likert*, que atribui o valor de cinco pontos, com a seguinte classificação: 1 – Discordo totalmente; 2 – Discordo parcialmente; 3 – Nem concordo nem discordo; 4 – Concordo parcialmente; e 5 – Concordo plenamente. Os questionários foram aplicados no período de 13 a 17 de maio de 2024.

Os dados coletados foram tratados por meio da análise estatística fatorial, portanto examinados quantitativamente.

## 4. Resultados e Discussões

Para a pesquisa quantitativa utilizou-se a análise estatística fatorial, realizada de forma exploratória, pois se pretendia identificar quais os indicadores seriam extraídos para compor os nomes dos fatores referentes ao uso das ferramentas tecnológicas.

Na análise quantitativa fatorial dos questionários fechados respondidos pelos funcionários, precisou-se primeiramente realizar etapas de limpeza para iniciar-se a análise fatorial descritiva. Segundo Little e Rubin (2014, p. 39), “se fazem necessárias etapas de limpeza, transformação e formatação dos dados por meio da análise de dados faltantes, *missings* e análise de pontos extremos”.

As etapas de limpeza foram feitas para verificar se houve erros de digitação, pois a planilha de *Excel* com os dados dos questionários pode conter estes erros ou dados podem ter faltados no preenchimento da planilha, então as etapas de limpeza são processos de correção ou exclusão dos dados. Para isto, utilizaram-se o mínimo e o máximo em variáveis quantitativas para corrigir esses dados.

Na apuração da análise estatística, usou-se a forma univariada. Segundo Reis (2009, p. 43), “na univariada utiliza-se a apuração de medidas de posição (média) para apresentar as questões relativas ao questionário”.

Em seguida, foi aplicado o teste de Wilcoxon, indicado na comparação em duas situações do mesmo respondente, para detectar diferenças de opinião entre as interfaces dos *softwares Microsoft Project* e *Work Breakdown Structure Chart Pro*.

Os dados da pesquisa foram tratados no programa estatístico Predictive Analytics Software (PASW 18) e Minitab, versão 17. Em todos os testes estatísticos utilizados, foi considerado um nível de significância de 5%. Dessa forma, são consideradas associações estatisticamente significativas aquelas cujo valor *p* foi inferior a 0,05 (FISHER, 2004).

### 4.1. Características dos Fatores na Análise Estatística das Ferramentas Tecnológicas

Para sintetizar as informações de cada pergunta, utilizou-se a média como medida de tendência central. A Tabela 1 mostra os resultados da opinião dos funcionários em relação a interface do *software Microsoft Project*.

| Fatores               | n  | Média | P-valor        | Conclusão   |
|-----------------------|----|-------|----------------|-------------|
| Comunicação/Interação | 25 | 4,87  | <b>0,000**</b> | CI=US>Fx>Ad |
| Usabilidade           | 25 | 4,87  |                |             |
| Flexibilidade         | 25 | 4,78  |                |             |
| Adaptabilidade        | 25 | 4,45  |                |             |

Nota: – As probabilidades de significância (p-valor) referem-se ao teste de Friedman.  
– Os valores de *p*-valor em negrito indicam diferenças significativas.  
– Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: *p*-valor < 0.01\*\* (nível de confiança de 99,0%) e *p*-valor < 0.05\* (nível de confiança de 95,0%).  
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Tabela 1 – Caracterização da amostra total segundo os fatores do software MS Project

No que diz respeito, às variáveis de fatores do *software Microsoft Project*, constatou-se uma situação de alta concordância nos 4 fatores, pois os escores obtidos apresentaram uma média maior do que 4,00, ou seja, verificou-se uma concordância.

Entre os respondentes, em uma análise comparativa aos fatores do *software Microsoft Project*, verificou-se a existência de diferenças significativas quanto aos 3 fatores, pois a média indicou valores iguais a 2 fatores e diferentes para os outros 2 fatores. O teste apresentou um valor-*p* de **0,000\*\*** iguais por meio de comparação dois a dois no teste de Wilcoxon em relação aos 2 *softwares* utilizados na pesquisa.

Segundo Prates e Barbosa (2017, p. 7), “a usabilidade e a comunicação/interação das ferramentas tecnológicas são parâmetros de fundamental importância, pois se relacionam com a qualidade e a facilidade que as mesmas foram apresentadas e suas facilidades de uso pelo usuário”. A média da amostra total ratifica que esses dois fatores têm grande relevância no *software Microsoft Project*.

No que diz respeito às variáveis de fatores do *software Work Breakdown Structure Chart Pro*, constatou-se uma situação de alta concordância nos 4 fatores, pois os escores obtidos apresentaram uma média maior do que 4,00, ou seja, verificou-se uma concordância, conforme a Tabela 2.

| Fatores               | n  | Média | P-valor        | Conclusão   |
|-----------------------|----|-------|----------------|-------------|
| Comunicação/Interação | 25 | 4,69  | <b>0,000**</b> | CI=Fx>US>Ad |
| Usabilidade           | 25 | 4,52  |                |             |
| Flexibilidade         | 25 | 4,69  |                |             |
| Adaptabilidade        | 25 | 4,17  |                |             |

Nota: – As probabilidades de significância (p-valor) referem-se ao teste de Friedman.  
– Os valores de *p*-valor em negrito indicam diferenças significativas.  
– Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: *p*-valor < 0.01\*\* (nível de confiança de 99,0%) e *p*-valor < 0.05\* (nível de confiança de 95,0%).  
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Entre os respondentes, em uma análise comparativa aos fatores do *software Work Breakdown Structure Chart Pro*, verificou-se a existência de diferenças significativas

quanto aos 3 fatores, pois a média indicou valores iguais a 2 fatores e diferentes para os outros 2 fatores. O teste apresentou um valor- $p$  de **0,000\*\*** iguais por meio de comparação dois a dois no teste de Wilcoxon em relação aos 2 *softwares* utilizados na pesquisa.

De acordo com Prates e Barbosa (2017, p. 9), “a comunicação/interação e a flexibilidade da ferramenta tecnológica são aspectos que devem ser amplamente considerados quando se trata de gerenciamento de projeto, devido a mudanças de processos em uma organização”. A média da amostra total ratifica que esses dois fatores têm grande relevância no *software Work Breakdown Structure Chart Pro*.

## 5. Conclusões

A partir da pesquisa ficou evidente que uma interface gráfica intuitiva e bem elaborada facilita o trabalho dos membros de uma equipe de gestão de projetos, pois os funcionários interagem espontaneamente com os sistemas, facilitando o manejo com as ferramentas tecnológicas.

A pesquisa respondeu à pergunta inicial: Por que as interfaces gráficas são importantes para ferramentas de gerenciamento de projetos?

Porque elas permitem a interação visual com ferramentas por meio de elementos gráficos, pois ao clicar em botões de maneira intuitiva, ganha-se tempo na elaboração do projeto e centralizam-se todas as informações em locais de fáceis acessos pelos membros da equipe, pois através dos *softwares* de gerenciamento, todas as informações das fases para elaboração do projeto estão contidos neles.

Os objetivos geral e específicos também foram respondidos ao final da pesquisa.

O objetivo geral do trabalho foi analisar a opinião dos funcionários de uma empresa de tecnologia da informação em relação à interface gráfica de duas ferramentas de gerenciamento de projetos, por meio da análise quantitativa, os fatores comunicação/ interação, usabilidade e flexibilidade foram os mais relevantes mostradas pelas tabelas, através das conclusões e da média contidas como informações.

Já os objetivos específicos: verificar o uso de ferramentas tecnológicas em face a equipe de gerenciamento de projetos; avaliar o uso de *softwares* para o gerenciamento de projetos e comparar a utilização da interface gráfica de dois *softwares* de gerenciamento de projetos foram estudados na pesquisa.

O primeiro objetivo anterior, os *softwares* foram de fáceis manejos devido a interface ser intuitiva e bem simples de se trabalhar pelos funcionários da empresa.

O segundo objetivo, percebeu-se na análise quantitativa, que os fatores comunicação/ interação, usabilidade e flexibilidade foram os mais importantes, devido ao cálculo da média e pelas conclusões das tabelas, já o fator adaptabilidade foi o de menor importância para o uso das ferramentas para gerenciamento de projetos.

Já, o terceiro objetivo específico, pelo teste de Wilcoxon,  $p$ -valor, demonstraram-se que as duas ferramentas propostas no estudo têm a mesma relevância em relação às suas interfaces gráficas, pois o resultado deu  $p$ -valor = **0,000\***.

Para trabalhos futuros pretendem-se ampliar esta pesquisa para outras ferramentas de gerenciamento de projetos, analisando outras características de interfaces e suas eficiências em relação a usabilidade e intuitividade ao *design* do *software*.

Como limitação do estudo, destaca-se o número reduzido de participantes com um número de 25 funcionários de uma empresa de tecnologia, pretende-se amplificar este trabalho para outros tipos de empresas e aumentar o número de respondentes do questionário, e consequentemente, aumentar a validade interna da pesquisa.

Portanto, a gestão de projetos é uma aplicação de técnicas e processo de criação de conhecimentos inovadores e recurso essencial e diferenciado, para alavancar vantagem competitiva em uma organização, valorizando a experiência de cada funcionário dentro de uma empresa com o auxílio de *softwares* e como consequência, um estudo mais aprofundado das suas interfaces gráficas.

## Referências

- ALMEIDA, Steve. (2011). *Não me faça pensar – Usabilidade na Web*. 2. ed. Rio de Janeiro: Alta Books.
- FISHER, R. A. (2004). *Statistical methods for research workers*. 30. ed. Nova Iorque: Hafner.
- GIL, A. C. (2010). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas.
- LEMONS, K. D. C.; MAIA, L. C. G.; TOLEDO, M. V. S; MAFRA, F. H.; TOLEDO, F. K. S. (2023). A Gamificação e os Jogos Digitais em Cursos Direcionados para a Competência Informacional dos Idosos. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 66 (1), 158-171. Recuperado de <https://risti.xyz/issues/ristie66.pdf>.
- LITTLE, R. J. A.; RUBIN, D. B. (2014). *Statistical analysis with missing data*. Nova Iorque: John Wiley and Sons.
- MORESI, E. A. D. (2003). *Manual de metodologia da pesquisa*. Brasília: Universidade Católica de Brasília.
- PRATES, Sueli Angelica; BARBOSA, José Antônio Machado do. (2017). *Avaliação de usabilidade na internet*. Brasília: Thesaurus.
- PRESSMAN, Roger S.; MAXIM, Bruce R. (2019). *Engenharia de software – Uma Abordagem Profissional*. 9 ed. Nova Iorque: McGrawHill Education.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. (2017). *Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos – Guia PMBOK*. 6 ed. Pensilvânia: Inc.
- REBELO, Irla. (2009). *Introdução à IHC*. São Paulo: Editora Cultura.
- REIS, E. (2009). *Estatística multivariada aplicada*. 4. ed. Lisboa: Edições Sílabo.
- SILVA, Bruno Santana da; BARBOSA, Simone Diniz Junqueira. (2010). *Interação humano-computador – Projetando a Experiência Perfeita*. Rio de Janeiro: Campus.



# Desigualdade de gênero na Olimpíada Brasileira de Informática: uma análise quantitativa da última década

Anna Silva<sup>1</sup>, Maria Laura Soares<sup>2</sup>, Larissa Coelho<sup>3</sup>, Laércio Brito<sup>3</sup>,  
Fábio Paschoal Júnior<sup>3</sup>, Gustavo Guedes<sup>3</sup>

anna.silva@edu.unirio.br; mlaurosoares@aluno.puc-rio.br;  
larissa.ramos@aluno.cefet-rj.br; laercio.brito@cefet-rj.br;  
fabio.junior@cefet-rj.br; gustavo.guedes@cefet-rj.br

<sup>1</sup> Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (Unirio), Avenida Pasteur 458, 22290-250, Botafogo, Rio de Janeiro, Brasil

<sup>2</sup> Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rua Marquês de São Vicente, 225, 22451-900, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>3</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Av. Maracanã, 229, 20271-110, Maracanã, Rio de Janeiro, Brasil.

**Pages: 314-326**

**Resumo:** Este estudo investiga a representatividade de gênero na Olimpíada Brasileira de Informática (OBI) na última década, abordando uma lacuna significativa na literatura existente. Apesar dos esforços contínuos para promover a inclusão, a participação feminina nas áreas de STEM, especialmente na computação, continua baixa. Esta pesquisa destaca disparidades de gênero persistentes utilizando uma análise quantitativa de competidores e medalhistas. Os dados foram coletados do site da OBI e revelam uma sub-representação consistente das mulheres na competição. Este estudo ressalta a necessidade de iniciativas direcionadas ao aumento do engajamento feminino em computação desde a Educação Básica.

**Palavras-chave:** Representatividade feminina; Olimpíada Brasileira de Informática (OBI); Inclusão; Educação Básica; STEM.

## *Gender Inequality in the Brazilian Informatics Olympiad: A Quantitative Analysis of the Last Decade*

**Abstract:** This study investigates gender representation in the Brazilian Informatics Olympiad (OBI) over the past decade, addressing a significant gap in the existing literature. Despite ongoing efforts to promote inclusivity, women's participation in STEM fields, particularly in computing, remains low. This research highlights persistent gender disparities employing a quantitative analysis of competitors and medalists. Data were collected from the OBI website and analyzed using the findings reveal a consistent underrepresentation of women in the competition. This study underscores the necessity for targeted initiatives to enhance female engagement in computing from early education.

**Keywords:** Female representation; Brazilian Olympiad in Informatics (OBI); Inclusion; Basic Education; STEM.

## 1. Introdução

A presença feminina em cursos e carreiras de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM) continua a apresentar dados preocupantes (COSTA et al., 2024). Apenas 25% dos estudantes de engenharia e Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) são mulheres (UNESCO, 2023). Ainda de acordo com UNESCO (2023), especificamente na área da computação, a disparidade é ainda mais acentuada: apenas 5% dos desenvolvedores de software são mulheres, e em 61 de 115 países analisados, menos de 30% dos graduados em Ciência da Computação são do gênero feminino. Esta desigualdade também se evidencia em competições na área de STEM e *Hackathons*, nas quais a participação feminina é consideravelmente menor em comparação à masculina.

A desigualdade de gênero também é evidente nas competições de informática. A Olimpíada Internacional de Informática (International Olympiad in Informatics - IOI) é um exemplo dessa realidade. A IOI é uma prestigiada competição global que busca estimular o interesse pela computação e pela tecnologia da informação. Os países participantes enviam equipes de estudantes e líderes para representar suas nações. No Brasil, os membros da equipe são selecionados durante a Semana Olímpica da Olimpíada Brasileira de Informática (OBI), na qual realizam uma série de provas conhecida como *Seletiva da IOI*. São convidados a participar desta seletiva os medalhistas da Modalidade Programação Nível 2 da OBI (alunos até o terceiro ano do Ensino Médio) e as melhores pontuações compõem a equipe que representará o Brasil na IOI no ano seguinte. Conforme relatado por (Maggiolo, 2015), entre 1989 e 2014, as meninas constituíram apenas 2,6% dos participantes e 8,8% dos líderes da IOI. Esses números revelam que o problema da baixa participação feminina na computação começa antes do ingresso na universidade. Além disso, no mesmo período, apenas 6 países tiveram mais de 5% de suas equipes compostas por mulheres, enquanto 22 países nunca incluíram uma competidora feminina em suas delegações.

Ao examinarmos outras atividades, sobretudo aquelas que estimulam a resolução de desafios em computação, o *Hackathon* se destaca como um evento ou competição em que programadores colaboram em um projeto de software por um curto período. Uma pesquisa realizada em 2012, envolvendo 150 participantes de *Hackathons* sediados pelos Estados Unidos, apontou que apenas 11% de seus competidores eram do gênero feminino (Briscoe & Mulligan, 2014). No entanto, essa situação persiste mesmo após mais de uma década. Conforme uma publicação na seção de notícias do site da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), em 2023, a Maratona de Programação organizada pela SBC atingiu um recorde de representatividade feminina em uma final brasileira: 24 mulheres entre 195 competidores, totalizando apenas 12,3% dos participantes. Apesar dos esforços para incentivar a participação feminina, a presença delas continuou demasiadamente inferior à masculina (SBC, 2024).

Diante da persistente desigualdade de gênero nas competições em áreas STEM, torna-se essencial investigar a participação feminina em eventos nacionais de destaque. Um estudo recente de Silva et al. (2024) explorou a questão de gênero na modalidade Programação

Nível 2 da OBI, revelando uma predominância masculina entre os competidores. Contudo, essa análise limitou-se a um único nível e não abordou as premiações. Em resposta a essa lacuna, o presente artigo tem como objetivo expandir a investigação, buscando responder à seguinte pergunta de pesquisa: “Quais são as principais tendências e disparidades de gênero na participação e premiação dos competidores da OBI na última década?”. Para isso, amplia-se o escopo do estudo de Silva et al. (2024) incluindo uma análise dos níveis Programação Nível Júnior e Programação Nível 1, além de uma análise mais robusta do nível Programação Nível 2. A metodologia aplicada envolve uma análise quantitativa focada no gênero dos participantes e medalhistas em cada nível, visando uma compreensão mais aprofundada das dinâmicas de participação e premiação feminina na OBI.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta informações sobre o funcionamento da OBI; a seção 3 fornece detalhes sobre a coleta e análise dos dados; a seção 4 aborda a discussão dos resultados encontrados; por fim, a seção 5 aponta conclusões e sugestões de atitudes capazes de auxiliar no processo de mitigação do quadro de desigualdade de gênero discutido ao longo do trabalho.

## **2. Olimpíada Brasileira de Informática**

A Olimpíada Brasileira de Informática é uma competição promovida pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC) nos moldes de outras olimpíadas científicas nacionais, como as de Matemática, Física e Astronomia. Tem como propósito despertar o interesse dos alunos pela Ciência da Computação, a qual detém considerável importância na formação básica nos dias atuais. Combinando desafio, engenhosidade e uma saudável dose de competição, a OBI busca introduzir conceitos de raciocínio computacional e técnicas de programação, além de oferecer desafios estimulantes e identificar novos talentos na área.

A competição está dividida em duas modalidades que são: Iniciação e Programação, as quais apresentam três fases: Local, Estadual e Nacional. A primeira modalidade é voltada para a resolução de problemas de lógica computacional sem a utilização de uma máquina. A segunda modalidade é direcionada à resolução de problemas de programação com o uso do computador, exigindo conhecimento de estruturas de dados e técnicas de programação. Vale destacar que ambas as modalidades são divididas em Nível Júnior, Nível 1 e Nível 2, abrangendo competidores da educação básica e média. Todavia, a modalidade Programação contém uma categoria a mais: o Nível Sênior, que permite a participação de estudantes do ensino superior.

Em 2020, foi criado o Torneio Feminino de Computação (TFC) coordenado pelo *Movimento Meninas Olímpicas* — projeto institucional da Universidade Federal De Santa Maria (UFSM), o qual busca a representatividade feminina em meios da sociedade (e.g., político, empresarial e científico). O TFC tem como objetivo aumentar a participação feminina na modalidade Programação da OBI. Até 2021, esta competição somente abrangia os níveis Júnior e 1 da modalidade Programação. A partir de 2022, passou a considerar o nível 2 da mesma modalidade. No ano de 2023, surgiu a Competição Feminina da OBI (CF-OBI) com o mesmo propósito e mantendo a elegibilidade que a competição anterior mantinha em 2022. Diante disso, qualquer estudante do gênero

feminino que atendia aos critérios de elegibilidade dos níveis Júnior, 1 e 2 puderam participar do CF-OBI e do TFC, ainda que estivessem inscritas na OBI.

Os estudantes com melhor classificação em cada nível da OBI e as competidoras mais bem classificadas em cada nível da CF-OBI, têm a oportunidade de participar da Semana Olímpica, a qual inclui cursos de programação que buscam aprimorar as habilidades e técnicas dos participantes. Durante essa mesma semana, como regra geral, é realizada a seletiva para a *International Olympiad in Informatics* (IOI), a qual consiste em uma série de provas. Nessa etapa, participam os alunos medalhistas do Nível 2 da modalidade Programação e as alunas com maior pontuação desse mesmo nível da CF-OBI. Ao final deste processo, os quatro melhores competidores na seletiva, independentemente do gênero, compõem o time brasileiro da IOI e o grupo das quatro meninas com melhor classificação constituem o time da *European Girls' Olympiad in Informatics* (EGOI).

### 3. Metodologia e materiais

Este estudo examina participantes e medalhistas nos níveis da modalidade Programação da Olimpíada Brasileira de Informática, com exceção do Nível Sênior, se concentrando apenas nas categorias que englobam estudantes do Ensino Fundamental e Médio. Observou-se que, antes de 2008, o Nível Júnior não fazia parte da competição e que o Nível Sênior foi introduzido apenas em 2014; até este momento, os estudantes de graduação participavam do Nível 2. Para focar exclusivamente na participação de competidores e medalhistas da Educação Básica, o período selecionado para análise abrangeu os anos de 2014 a 2023. Os dados foram obtidos diretamente no site da OBI<sup>1</sup>, que permite consultar edições passadas e gerar uma lista de participantes que receberam certificados por modalidade e nível, indicando que participaram de pelo menos uma fase da competição. Os dados coletados encontram-se em: <http://eic.cefet-rj.br/mmcomp/OBI-Prog-FundMed-2014-2023>.

A coleta de dados foi realizada por meio de *Web Scraping*, resultando em dois arquivos no formato CSV (*Comma-Separated Values*), um contendo informações dos competidores e o outro dos medalhistas. Ambos os arquivos incluem nome, ano de participação, modalidade, nível e escola dos participantes. O site da OBI não fornece informações sobre o gênero dos competidores. Diante disso, para contabilizar homens e mulheres nos eventos investigados, foi utilizada a biblioteca *genderbr*<sup>2</sup>, que atribui o gênero com base na frequência de nomes registrados no Censo de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

É importante mencionar que, como a biblioteca *genderbr* identifica o gênero com base na frequência de ocorrência dos nomes registrados no Censo de 2010, quando um nome aparece com baixa frequência, o gênero é classificado como desconhecido. A Tabela 2 apresenta o nível analisado, o total de dados coletados e o total de nomes com gênero desconhecido.

<sup>1</sup> <https://olimpiada.ic.unicamp.br/passadas/>

<sup>2</sup> <https://github.com/guilhermecgs/genderbr>

| Nível        | Total de dados coletados |             | Total de nomes com gênero desconhecido |             |
|--------------|--------------------------|-------------|----------------------------------------|-------------|
|              | Participantes            | Medalhistas | Participantes                          | Medalhistas |
| Nível Júnior | 4033                     | 213         | 73                                     | 3           |
| Nível 1      | 14795                    | 210         | 353                                    | 4           |
| Nível 2      | 25920                    | 225         | 614                                    | 3           |

Tabela 1 – Quantidade de participantes e medalhistas por nível e a quantidade dos que tiveram o gênero considerado como desconhecido.

Devido à ocorrência de nomes com gênero desconhecido, estes nomes foram excluídos da análise. Após esse processo, um segundo arquivo no formato XLSX foi gerado, incorporando a informação de gênero para os medalhistas e competidores.

Com as tabelas organizadas, a análise quantitativa foi realizada utilizando a plataforma *Microsoft Excel*. A ferramenta Tabela Dinâmica do Excel, que permite calcular, resumir e examinar dados, foi utilizada para analisar a participação masculina e feminina nas competições. Em seguida, foram criados gráficos e tabelas com base nos resultados obtidos, facilitando a visualização e a interpretação dos dados.

#### 4. Resultados e discussões

Os resultados deste estudo são apresentados de forma a evidenciar numericamente a participação e premiação masculina e feminina entre os competidores da Olimpíada Brasileira de Informática. A análise é discutida, inicialmente, de forma separada para os níveis Júnior (Subseção 4.1), Nível 1 (Subseção 4.2) e Nível 2 (Subseção 4.3) da modalidade Programação. Ao final, é apresentada uma discussão para realizar uma interlocução com outros estudos da literatura (Subseção 4.4).

##### 4.1. Programação Nível Júnior

A Figura 1 apresenta um gráfico com a quantidade de competidores na modalidade Nível Júnior, divididos por gênero, no intervalo de 2014 a 2023. Observa-se que a participação masculina é superior à feminina em todos os anos analisados. Durante esse período, os homens representaram, em média, 75,1% dos participantes, enquanto as mulheres constituíram apenas 23%. Os participantes de gênero desconhecido corresponderam a apenas 1,9% do total de participantes. Embora, de modo geral, a redução ou aumento da participação de ambos os gêneros tenha ocorrido simultaneamente, em 2017 a participação masculina aumentou em 55,41%, ao passo que a participação feminina diminuiu em 15,18%. Esse cenário configura uma exceção no padrão de crescimento dos participantes ao longo das edições, tendo ocorrido apenas em 2017, além das quedas simultâneas de participação de homens e mulheres observadas em 2020 e 2022.

É essencial destacar o possível impacto do TFC no aumento significativo da participação feminina na modalidade investigada. Os maiores números de presença feminina nesse nível foram registrados a partir de 2021, coincidindo com a criação do Torneio Feminino de Computação em 2020.

A Tabela 3 apresenta a quantidade de homens e mulheres que conquistaram as medalhas de ouro, prata e bronze no intervalo estabelecido na modalidade Nível Júnior. Nos anos de 2014, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 e 2023 não houve medalhistas mulheres na categoria ouro. Ademais, o maior número de medalhas de prata atribuídas a mulheres (i.e., três) ocorreu em 2023. Por fim, os homens conquistaram 98 medalhas de bronze no período de 2014 a 2023 e as mulheres obtiveram apenas 17.

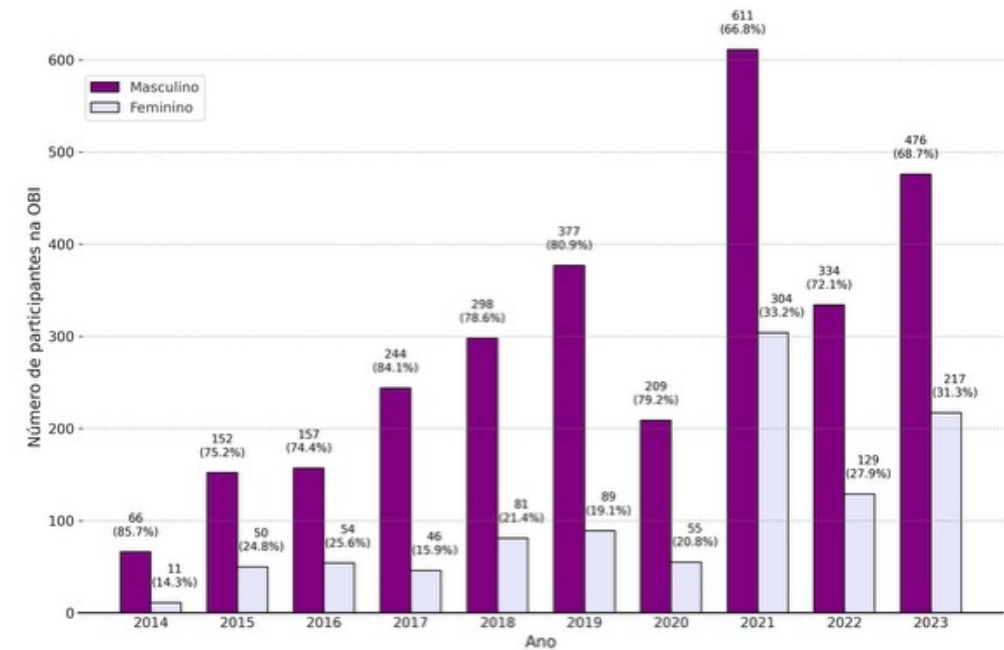


Figura 1 – Quantidade de participantes no Nível Júnior da OBI por gênero.

O quadro de medalhas reflete a baixa participação feminina na competição: há menos mulheres competindo, resultando em menos oportunidades de ocuparem um lugar no pódio. Na categoria de medalhas de ouro, a disparidade entre os gêneros se torna ainda mais evidente: em 7 dos 10 anos analisados, as mulheres não conquistaram medalhas de ouro. Embora tenham alcançado o primeiro lugar do pódio em três anos, elas conseguiram apenas uma medalha de ouro em cada edição, em contraste com as 13 conquistadas pelos homens durante o mesmo intervalo. Além disto, considerando as três categorias de medalhas no período analisado, somente em 2015 as mulheres conquistaram mais medalhas do que os homens, sendo uma medalha de ouro, enquanto os homens, nenhuma.

| Ano  | Ouro   | Prata    | Bronze |          |        |          |
|------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|
|      | Homens | Mulheres | Homens | Mulheres | Homens | Mulheres |
| 2014 | 1      | 0        | 3      | 0        | 9      | 2        |

| Ano   | Ouro | Prata | Bronze |    |    |    |
|-------|------|-------|--------|----|----|----|
| 2015  | 0    | 1     | 2      | 1  | 3  | 2  |
| 2016  | 1    | 0     | 2      | 0  | 5  | 0  |
| 2017  | 1    | 0     | 5      | 1  | 6  | 0  |
| 2018  | 3    | 0     | 7      | 1  | 13 | 2  |
| 2019  | 6    | 0     | 7      | 1  | 13 | 3  |
| 2020  | 6    | 0     | 7      | 1  | 16 | 4  |
| 2021  | 6    | 1     | 11     | 1  | 19 | 3  |
| 2022  | 7    | 1     | 6      | 1  | 7  | 0  |
| 2023  | 5    | 0     | 12     | 3  | 7  | 1  |
| Total | 33   | 3     | 62     | 10 | 98 | 17 |

Tabela 2 – Distribuição de competidores de acordo com as medalhas conquistadas no Nível Júnior na OBI entre 2014 e 2023.

4.2. Programação Nível 1

A Figura 2 ilustra a participação feminina e masculina na modalidade Programação Nível 1 da OBI entre 2014 e 2023. O total de participantes nesse período foi superior ao da modalidade Nível Júnior, seguindo o mesmo critério de análise. Isso sugere que o aumento da participação de ambos os gêneros pode ser atribuído à maior abrangência desse nível, que inclui tanto estudantes do primeiro ano do Ensino Médio quanto aqueles matriculados em qualquer ano do Ensino Fundamental.

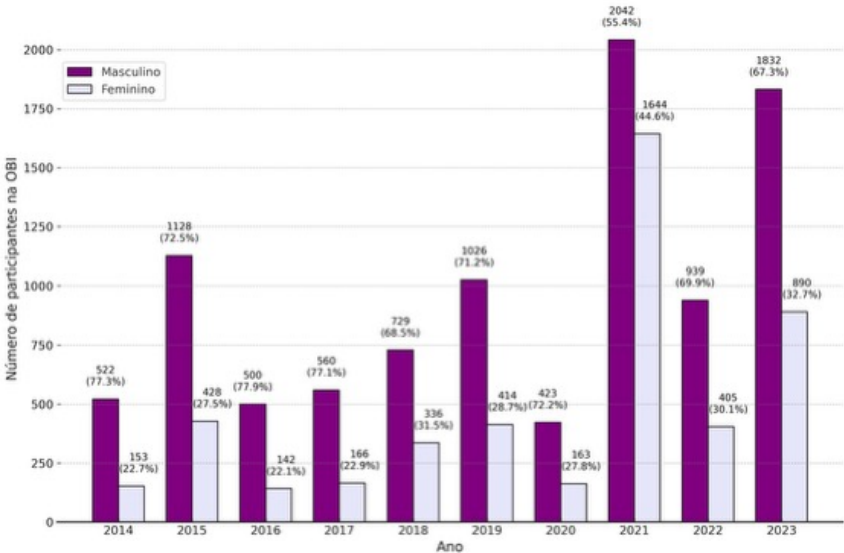


Figura 2 – Quantidade de participantes no Nível 1 da OBI separados por gênero.



Observa-se ainda (Figura 2) que as flutuações na participação masculina, sejam aumentos ou quedas, são seguidas por padrões semelhantes na participação feminina, em consonância com o Nível Júnior. Entretanto, apesar do crescimento proporcional entre os gêneros, as mulheres continuam sendo a minoria, representando, em média, 28,9% do total de competidores.

Embora tenha havido crescimento na presença feminina em alguns anos (e.g., 2015, 2019), foi somente em 2021 que as mulheres se aproximaram de representar metade dos participantes no Nível 1, atingindo 44,6% do total. Outrossim, nos anos de 2016, 2020 e 2022, houve quedas na participação de ambos os gêneros. Todavia, a queda foi ainda mais acentuada para as mulheres, sobretudo em 2022 — ano em que a participação feminina diminuiu em 75,37% e a masculina caiu 54,02%.

Com relação à conquista de medalhas, a Tabela 4 dispõe uma distribuição numérica dos medalhistas de ouro, prata e bronze por gênero no período de 2014 a 2023. Nos anos de 2015 e 2017, a OBI não teve nenhuma medalha conquistada pelo gênero feminino no nível analisado. Além disso, o número total de medalhas conquistadas por homens nos 10 anos analisados foi de 188, enquanto o de mulheres foi apenas 18. Deste modo, a quantidade de homens medalhistas foi 10 vezes maior do que o de mulheres, refletindo a baixa presença feminina na competição. O maior número de medalhas de ouro obtidas por mulheres ocorreu em 2022 (i.e., duas medalhas). As medalhas de prata, por sua vez, começaram a ser conquistadas pelo público feminino somente a partir de 2020. Tais fenômenos sucederam a criação do Torneiro Feminino de Computação.

| Ano   | Ouro   | Prata    | Bronze |          |        |          |
|-------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|
|       | Homens | Mulheres | Homens | Mulheres | Homens | Mulheres |
| 2014  | 2      | 0        | 5      | 0        | 12     | 1        |
| 2015  | 1      | 0        | 2      | 0        | 5      | 0        |
| 2016  | 1      | 0        | 5      | 0        | 13     | 3        |
| 2017  | 2      | 0        | 2      | 0        | 6      | 0        |
| 2018  | 5      | 1        | 5      | 0        | 9      | 0        |
| 2019  | 5      | 1        | 5      | 0        | 9      | 0        |
| 2020  | 3      | 0        | 4      | 2        | 8      | 2        |
| 2021  | 6      | 0        | 10     | 1        | 9      | 1        |
| 2022  | 5      | 2        | 10     | 1        | 13     | 0        |
| 2023  | 5      | 0        | 10     | 0        | 11     | 2        |
| Total | 35     | 4        | 58     | 4        | 95     | 10       |

Tabela 3 – Distribuição de competidores de acordo com as medalhas conquistadas no Nível 1 da OBI no período de 2014 a 2023.

4.3. Programação Nível 2

A Figura 3 exibe a quantidade de participantes do Nível 2, separados por gênero no período de 2014 a 2023. Seguindo o padrão que prevalece nas modalidades anteriores, quando

há uma diminuição na participação de um dos gêneros, o mesmo ocorre com o outro. Contudo, a participação feminina permanece inferior à masculina, não alcançando 50% do total de participantes. De forma análoga ao Nível 1, houve um aumento significativo no número de participantes, totalizando 25.920, dos quais 614 são desconhecidos, como apresentado na Tabela 2. Isso se deve, principalmente, à elegibilidade dessa modalidade, que abrange tanto alunos do Ensino Médio quanto do Ensino Fundamental.

Nos anos de 2018, 2019, 2021 e 2022, o número de participantes do sexo masculino excedeu o feminino em mais de 1.000 competidores. Esta discrepância se tornou maior em 2023, aumentando para mais de 2.000 participantes. Já no ano de 2021, observou-se a maior representação feminina, possivelmente influenciada pela inclusão da EGOI como uma das competições internacionais acessíveis para meninas com base no desempenho na OBI. Além disso, a criação do TFC em 2020 pode estar associada a esse aumento expressivo e imediato na participação feminina após sua implementação.

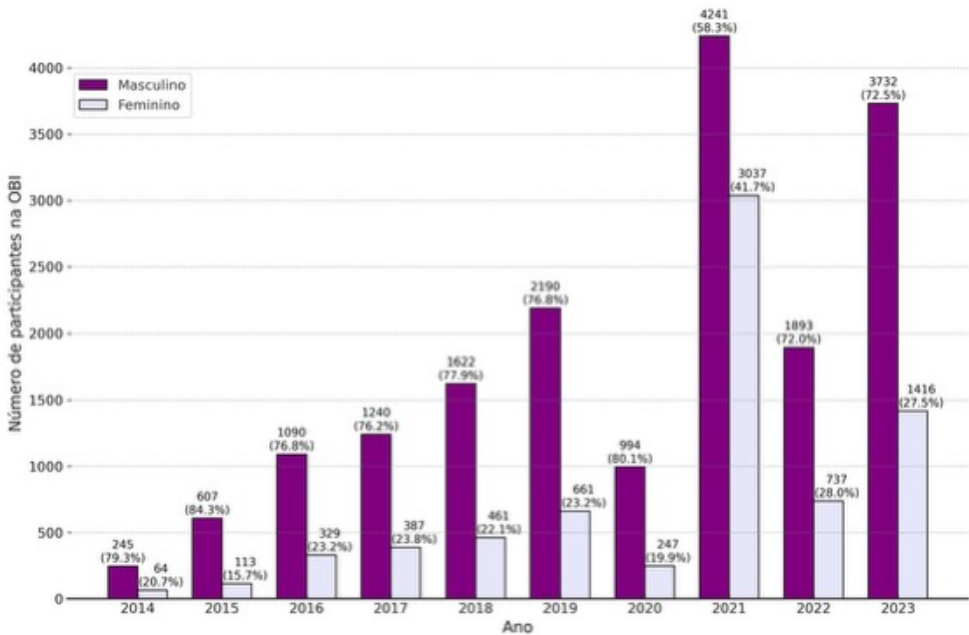


Figura 3 – Quantidade de participantes no Nível 2 da OBI separados por gênero.

A Tabela 5 exibe a distribuição de medalhistas de ouro, prata e bronze no Nível 2 por gênero, abrangendo o período de 2014 a 2023. Ao analisar a quantidade de medalhas de ouro conquistadas por competidores dos dois gêneros durante esse período, observa-se que os homens alcançaram o maior número de medalhas de ouro em 2020 (seis medalhas), enquanto as mulheres não conquistaram mais de uma em nenhum dos anos analisados. Com relação ao quadro de medalhas de prata, os homens também tiveram um desempenho superior, alcançando um máximo de 12 medalhas (em 2021), em comparação com as 2 conquistadas pelas mulheres em 2019. Quanto às medalhas

de bronze, os homens obtiveram o melhor resultado com 18 medalhas em 2020, em contrapartida, em seu melhor resultado, as mulheres conquistaram apenas 2, tanto em 2018 quanto em 2023.

| Ano   | Ouro   | Prata    | Bronze |          |        |          |
|-------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|
|       | Homens | Mulheres | Homens | Mulheres | Homens | Mulheres |
| 2014  | 2      | 0        | 4      | 0        | 8      | 0        |
| 2015  | 2      | 0        | 5      | 0        | 10     | 0        |
| 2016  | 4      | 0        | 6      | 0        | 6      | 0        |
| 2017  | 4      | 0        | 7      | 1        | 9      | 1        |
| 2018  | 4      | 1        | 10     | 0        | 5      | 2        |
| 2019  | 5      | 0        | 8      | 2        | 7      | 0        |
| 2020  | 6      | 1        | 5      | 0        | 18     | 1        |
| 2021  | 4      | 1        | 12     | 1        | 13     | 1        |
| 2022  | 3      | 0        | 7      | 1        | 11     | 1        |
| 2023  | 4      | 1        | 6      | 1        | 9      | 2        |
| Total | 38     | 4        | 70     | 6        | 96     | 8        |

Tabela 4 – Distribuição de competidores de acordo com as medalhas conquistadas no Nível 2 da OBI no período de 2014 a 2023.

O total de medalhas obtidas pelos homens no período analisado foi de 204. Em contraste, as mulheres obtiveram somente 18. Isto posto, a quantidade de medalhistas homens foi 11 vezes maior do que a de mulheres.

4.4.Discussão

De acordo com Pessoa et al. (2017), em 2014, as mulheres representavam 28,8% dos ingressantes dos cursos nas áreas de Ciências, Matemática e Computação, sendo que destes, somente 15% optaram por cursos de Computação. Esses dados projetam a realidade observada na OBI. O baixo índice de competidores do gênero feminino nos níveis da modalidade Programação, abordados neste artigo, evidencia o interesse reduzido das mulheres pela computação desde a Educação Básica. Este fenômeno pode ser verificado em outras competições nas áreas de STEM, influenciando diretamente a escolha das estudantes em relação aos cursos de graduação que seguirão e, conseqüentemente, suas futuras carreiras profissionais.

O estudo de Imbertti et al. (2020) analisa o gênero dos medalhistas da Olimpíada Paranaense de Química no período de 2014 a 2019. Em todos esses anos, o número de mulheres medalhistas foi inferior ao de homens. Dessa maneira, nessa competição, não houve equilíbrio na distribuição de medalhas entre os gêneros: as mulheres representam, em média, menos de 50% dos medalhistas. Essa disparidade também é observada na OBI, dado que, independentemente do nível, o número de medalhistas femininas é significativamente menor em comparação com o número de medalhistas masculinos.

Ao examinar a presença de homens e mulheres em cada nível da modalidade Programação, é evidente uma significativa queda no número de participantes durante o ano de 2020. Esse período foi marcado pela pandemia de Covid-19, que levou a ajustes na condução do evento: as provas passaram a ser administradas de forma digital. Como observado por Rossi et al. (2021), a comunicação e a disseminação de informações foram predominantemente virtuais durante o cenário pandêmico, revelando uma desigualdade digital. Alguns estudantes enfrentaram dificuldades de acesso à internet ou dispositivos adequados.

Um projeto de extensão do Instituto Federal Catarinense (IFC), focado em incentivar a participação de escolas na OBI, produziu, em 2020, um relatório que constatou uma diminuição geral na adesão ao evento devido à pandemia e às questões relacionadas, como a falta de infraestrutura para participar das etapas online da OBI (Cardoso, Ferreira & Barbosa, 2020). Como resultado, todos os níveis da competição registraram menor número de participantes em 2020 devido ao impacto inicial da pandemia de Coronavírus. No entanto, já em 2021, houve um expressivo aumento na participação de ambos os gêneros, uma vez que as escolas estavam mais familiarizadas com o ensino remoto e, conseqüentemente, com o novo formato de aplicação das provas da competição.

No estudo proposto por Braga et al. (2020), é analisada a participação de alunas do ensino médio/técnico da Universidade Federal de Viçosa em quatro competições de programação no período de 2017 a 2019, incluindo a OBI e o *Technovation Girls*<sup>3</sup>. Os resultados mostram um aumento no interesse e na participação na OBI pelas alunas da instituição após passarem pela experiência do *Technovation Girls*, a qual consiste em uma competição voltada exclusivamente para o público feminino. Esse mesmo aumento foi observado posteriormente à criação do TFC, com uma presença feminina crescente em todos os níveis analisados. Os dados destacam a importância de iniciativas que proporcionem um ambiente acolhedor e representativo para as estudantes, incentivando-as a participar de competições de programação.

## 5. Conclusão

Este estudo efetuou uma análise quantitativa da representatividade de gênero na Olimpíada Brasileira de Informática (OBI) ao longo da última década, abrangendo as modalidades de programação Nível Júnior, Nível 1 e Nível 2. A investigação revelou uma persistente desigualdade de gênero entre os participantes e medalhistas, com uma predominância masculina tanto em termos de participação quanto no recebimento de medalhas em todos os níveis investigados. Os resultados deste estudo estão alinhados com a literatura existente, que documenta a desigualdade de gênero nas áreas de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) e em contextos competitivos de natureza tecnológica e científica.

Os dados reunidos e analisados apontaram que, embora a participação feminina tenha aumentado em anos subsequentes à aplicação de iniciativas voltadas para a inclusão

---

<sup>3</sup> <https://www.technovationbrasil.org/>

de mulheres, como o Torneio Feminino de Computação (TFC), a Competição Feminina da OBI (CF-OBI) e a inserção do Brasil na *European Girls' Olympiad in Informatics* (EGOI), a presença de mulheres nos eventos analisados permanece significativamente inferior à masculina. Além disso, a pandemia de Covid-19 impactou a participação geral na OBI, transparecendo desafios adicionais associados à desigualdade de acesso a recursos digitais, que afetaram desproporcionalmente as estudantes.

De mesmo modo, a análise de medalhistas por gênero revelou uma disparidade considerável, indicando uma proporção significativamente maior de homens medalhistas em comparação às mulheres em todos os níveis contabilizados. Esse desequilíbrio reflete não apenas a menor participação feminina, mas também destaca a necessidade de investigar mais profundamente as barreiras que impedem as mulheres de alcançar níveis de excelência equivalentes aos dos homens nessas competições. Embora a menor quantidade de participantes mulheres possa explicar parte dessa disparidade, é fundamental considerar que esse desequilíbrio pode ser influenciado juntamente pela quantidade reduzida de participantes do gênero feminino e por fatores estruturais e socioculturais que limitam a igualdade de oportunidades e reconhecimento em ambientes competitivos.

Em termos gerais, os resultados enfatizam a necessidade de iniciativas que além de aumentarem a participação feminina em competições de programação e nas áreas de STEM, garantam que ela ocorra em condições de equidade. Para tanto, é importante a implementação de políticas educacionais que estimulem o interesse das meninas desde os primeiros anos de escolaridade e visem a criação de ambientes mais inclusivos e acolhedores que promovam a igualdade de gênero e o fornecimento de apoio contínuo, como mentoria e cursos, para capacitar as estudantes a perseguirem suas aspirações acadêmicas e profissionais.

É importante ressaltar que este estudo possui uma limitação relacionada ao uso da biblioteca *genderbr*, cujo método de identificação de gênero a partir de nomes pode resultar em imprecisões, especialmente para nomes menos comuns ou ambíguos em termos de gênero. Pesquisas futuras podem incluir abordagens qualitativas para explorar as experiências individuais das competidoras, considerando a expansão da pesquisa para outras competições STEM no Brasil. Ademais, a fim de que sejam implementadas ações positivas que tenham um impacto significativo na vida dessas estudantes, é interessante realizar análises de campanhas de conscientização que abordam questões de gênero em diversas áreas (SBC, 2024), de modo a possibilitar a promoção da igualdade de gênero tanto no contexto acadêmico quanto em atividades extracurriculares e competitivas. Desse modo, é possível uma compreensão mais abrangente das disparidades encontradas neste trabalho, facilitando a identificação de práticas eficazes para promover a inclusão.

## Referências

- Braga, G., de MB Silva, T. R., & Vieira, M. D. (2020, June). Competições de programação para meninas do ensino médio: Afinal, era apenas uma questão de propósito!. In *Anais do XIV Women in Information Technology* (pp. 189-193). SBC.

- Briscoe, G., & Mulligan, C. (2014). Digital innovation: The hackathon phenomenon.
- Cardoso, C. A., Ferreira, V. A., & Barbosa, F. C. G. (2020). (Des) igualdade de acesso à educação em tempos de pandemia: uma análise do acesso às tecnologias e das alternativas de ensino remoto. *Revista Com Censo: Estudos Educacionais do Distrito Federal*, 7(3), 38-46.
- Costa, L.F.C., Nascimento, L.M.A., De Lima, Y.O., Santos, A.M., Barbosa, C.E., Xexéo, G. and De Souza, J.M. (2024). Women's Journey in STEM Education in Brazil: A Rapid Review on Engineering and Computer Science. *IEEE Access*, 12, 112576-112593.
- Imbertti, A. da S., da Cruz, C. S. L., Bubniak, J., Kummer, L., & Del Monego, M. L. C. (2020). Participantes da Olimpíada paranaense de química nos últimos 6 anos. *Brazilian Journal of Development*, 6(9), 69651-69666.
- Maggiolo, S. (2015). An Update on the Female Presence at the IOI. *Olympiads in Informatics*, 9.
- Pessoa, M. S. P., Tamayo, S. C., & Franco, E. M. (2017, July). Panorama da participação feminina em competições de programação promovida por instituição de ensino superior da região norte. In *Women in Information Technology (WIT)*. SBC.
- Rossi, L. L., da Silva, D. P., Araujo, K. F., Pinheiro, F. J. R., Mariani, W. C., & Rosa, A. M. C. (2021). Olimpíada Brasileira de Informática–OBI 2020. *Extensão Tecnológica: Revista de Extensão do Instituto Federal Catarinense*, 8(16), 141-147.
- SBC. (2024). *Educação profissional técnica de nível médio*. Disponível em: <https://www.sbc.org.br/noticias/2500-com-mais-participacao-feminina-maratona-sbc-de-programacao-realiza-final-nacional-em-outubro-na-cidade-de-chapeco-sc>. Acessado em 24 de fevereiro de 2024.
- Silva, A., Soares, M., Coelho, L. & Guedes, G. (2024). Representatividade feminina na Olimpíada Brasileira de Informática: uma década de análise da Modalidade Programação Nível 2. In *Women in Information Technology (WIT)*. SBC.
- UNESCO. (2023) *Unesco in action for gender equality: 2022-2023*.

## Análisis de ventas utilizando grafos

Luis Javier Ulloa Meneses<sup>1</sup>, Franklim Andrés Carrasco Ramírez<sup>1</sup>,  
Rodolfo Sirilo Córdova Gálvez<sup>1</sup>, Fausto Ernesto Orozco Iguasnia<sup>1</sup>,  
Olga Paola Lima Armijos<sup>2</sup>

[ljulloo@pucesd.edu.ec](mailto:ljulloo@pucesd.edu.ec); [facarrasco@pucesd.edu.ec](mailto:facarrasco@pucesd.edu.ec); [rscordovag@pucesd.edu.ec](mailto:rscordovag@pucesd.edu.ec);  
[forozco878@pucesd.edu.ec](mailto:forozco878@pucesd.edu.ec); [liar\\_pao@hotmail.com](mailto:liar_pao@hotmail.com)

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador.

**Pages: 327-341**

**Resumen:** El objetivo de este trabajo es analizar datos de ventas con bases de datos orientadas a grafos, usando Neo4j, para identificar tendencias y optimizar estrategias empresariales. Se recopilieron datos públicos, integrándolos en Neo4j y aplicando consultas en Cypher para modelar relaciones entre clientes, productos y transacciones. Esto permitió visualizar interacciones comerciales y detectar patrones de compra, productos más vendidos y períodos de alta y baja actividad. Los hallazgos sugieren oportunidades para ajustar estrategias de marketing, optimizar inventarios y mejorar la toma de decisiones. Se concluye que las bases de datos de grafos son herramientas flexibles para analizar datos complejos, facilitando la segmentación de clientes y la personalización de ofertas. Además, permiten a las empresas anticipar tendencias del mercado y adaptarse a los cambios, mejorando su eficiencia operativa y competitiva.

**Palabras-clave:** Neo4j; base de datos; grafos; análisis de ventas; patrones de compra.

### *Sales Analysis Using Graphs*

**Abstract:** The objective of this work is to analyze sales data using graph-oriented databases, specifically Neo4j, to identify trends and optimize business strategies. Public data was collected, integrated into Neo4j, and queried using Cypher to model relationships between customers, products, and transactions. This enabled the visualization of business interactions and the detection of purchasing patterns, best-selling products, and periods of high and low sales activity. The findings suggest opportunities to adjust marketing strategies, optimize inventories, and improve decision-making. It is concluded that graph databases are flexible tools for analyzing complex data, facilitating customer segmentation and offer personalization. Additionally, they allow companies to anticipate market trends and adapt to changes, enhancing their operational efficiency and competitiveness.

**Keywords:** Neo4j; database; graphs; sales analysis; purchasing patterns.



# 1. Introducción

La analítica de datos se ha convertido en una herramienta vital en el mundo dinámico de las tecnologías de la información (TI) para optimizar el rendimiento y tomar decisiones informadas. Sin embargo, los métodos más sofisticados son necesarios debido a la complejidad e interconexión de los sistemas de TI. La gestión efectiva de datos se ha vuelto esencial para el desarrollo de aplicaciones y sistemas informáticos en la actualidad. Los grafos se han destacado como una herramienta flexible y adaptable para representar las relaciones complejas entre diversas entidades dentro de las diferentes metodologías de modelado de datos existentes.

Ante estas tecnologías, el sector empresarial ha ido incorporando dentro de sus procesos operacionales esta metodologías y técnicas disponibles para el análisis de datos que van desde el análisis estadístico tradicional, la minería de datos, las técnicas adecuadas para el tratamiento de grandes volúmenes de datos o big data, hasta las técnicas ideales para analizar modelos construidos a partir de nodos y conexiones. Considerando la aplicación de esta última propuesta metodológica para el presente caso de estudio, y de esta forma ofrecer una respuesta eficiente y de apoyo a las necesidades del sector de ventas, dado las nuevas tendencias tecnológicas que se exigen actualmente (Casas, 2018).

# 2. Metodología

## 2.1. Diseño del Estudio

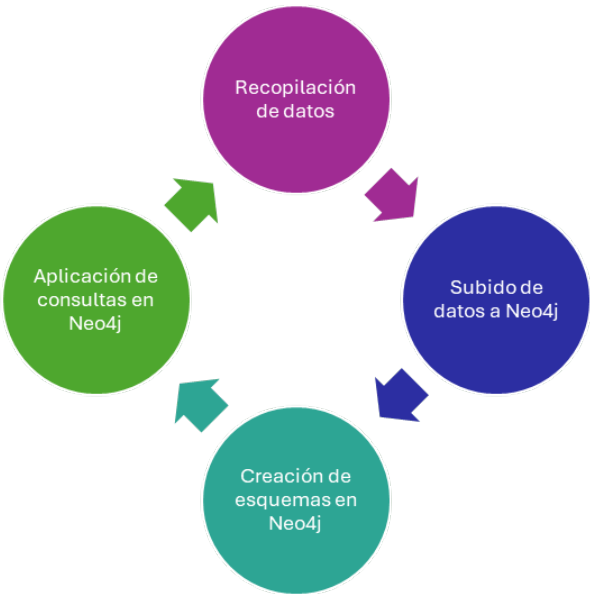


Figura 1 – Fases para el análisis de datos mediante grafos

El diseño de estudio se centró en el análisis de datos de ventas utilizando grafos, una herramienta flexible para descubrir patrones y conexiones complejas en el sector de ventas. Este diseño de estudio utiliza grafos para representar y analizar las redes de interacciones entre clientes, productos, transacciones y otros elementos importantes, lo que permite una comprensión más profunda de las dinámicas comerciales. Se utilizó métodos y técnicas basados en teoría de grafos para detectar productos que se compran con frecuencia, analizar patrones de compra recurrentes, etc. A través de este método, el estudio tiene como objetivo obtener insights pertinentes sobre el comportamiento de los consumidores y las tendencias de ventas, así como sugerencias estratégicas para ayudar a las personas a tomar decisiones empresariales más efectivas (García, 2017).

2.2. Recopilación de datos

Para realizar el análisis de datos de ventas mediante grafos, el proceso comienza con la recolección de datos, que representa una etapa fundamental en el desarrollo del caso de estudio. Los datos de ventas pueden provenir de diversas fuentes internas de las empresas, como sistemas de gestión de relaciones con clientes (CRM) y bases de datos de ventas. Para el caso de estudio, se llevó a cabo una búsqueda de información relacionada con ventas en la plataforma Kaggle, con el fin de encontrar un conjunto de datos adecuado para este caso práctico. Se identificó un dataset que contiene información de ventas de productos a clientes, con diferentes datos cuantitativos. Este conjunto de datos fue seleccionado y descargado en formato CSV desde Kaggle, garantizando que cumpliera con los requisitos necesarios para su análisis e integración en herramientas especializadas en grafos (Beltrán, 2024).

| # | Campo           | Tipo de Dato |
|---|-----------------|--------------|
| 1 | TransactionID   | Integer      |
| 2 | Date            | Date         |
| 3 | CustomerID      | String       |
| 4 | Gender          | String       |
| 5 | Age             | Integer      |
| 6 | ProductCategory | String       |
| 7 | Quantity        | Integer      |
| 8 | PriceperUnit    | Decimal      |
| 9 | TotalAmount     | Decimal      |

Tabla 1 – Descripción de campos del archivo CSV

2.3. Subida de datos a Neo4j

Después de recopilar y preparar los datos, el paso siguiente fue cargarlos en Neo4j, una base de datos diseñada específicamente para trabajar con grafos. Este proceso consistió en importar los archivos de datos a Neo4j y luego crear nodos que representen las entidades clave, como clientes, productos y órdenes, así como establecer las relaciones que conectan estos nodos, tales como las transacciones de compra.

El proceso para cargar la información del archivo CSV, fue el subir el archivo a un directorio en drive de la plataforma de Google Drive, una vez que se ha cargado el archivo subido anteriormente, se procede a darle permisos de acceso general y público, así mismo se copia el enlace para tenerlo en memoria.

Ya con el enlace copiado en memoria se procedió a abrir un sitio web <https://sites.google.com/site/gdocs2direct>, que ayudó a convertir la URL generada de drive, en una URL que permita ser utilizada en Neo4j.

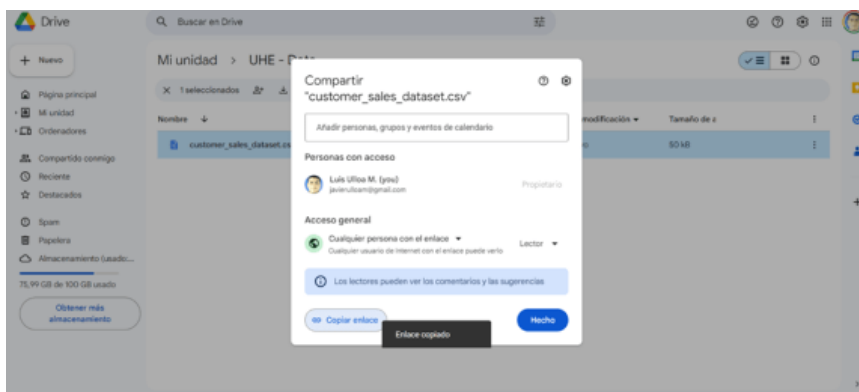


Figura 2 – Carga de archivo CSV a drive

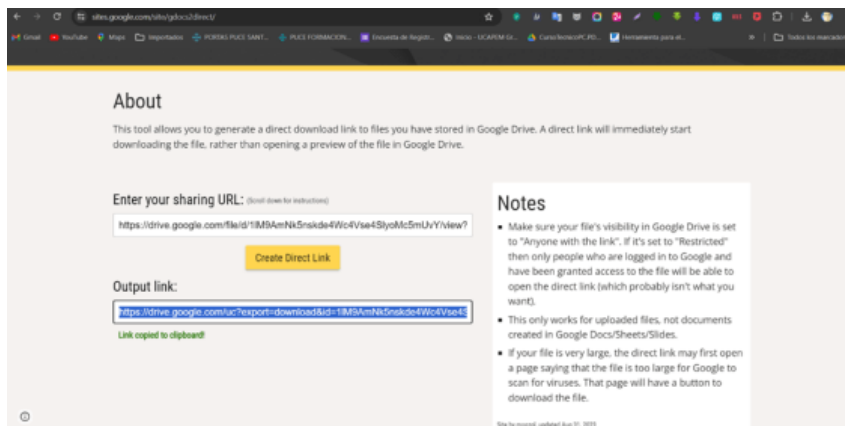


Figura 3 – Conversión de URL de drive a URL para Neo4j

Se procedió a ejecutar Neo4j en la web, mediante una plataforma sandbox <https://sandbox.neo4j.com/>, que ayudó a trabajar con esta herramienta orientada a grafos, para esto se ingresó cierta información y credenciales para la creación y el acceso a este entorno y poder crearlo

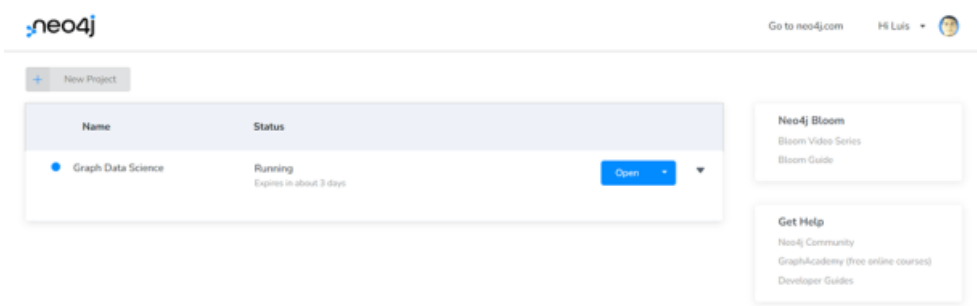


Figura 4 – Creación del entorno de trabajo Neo4j en la web

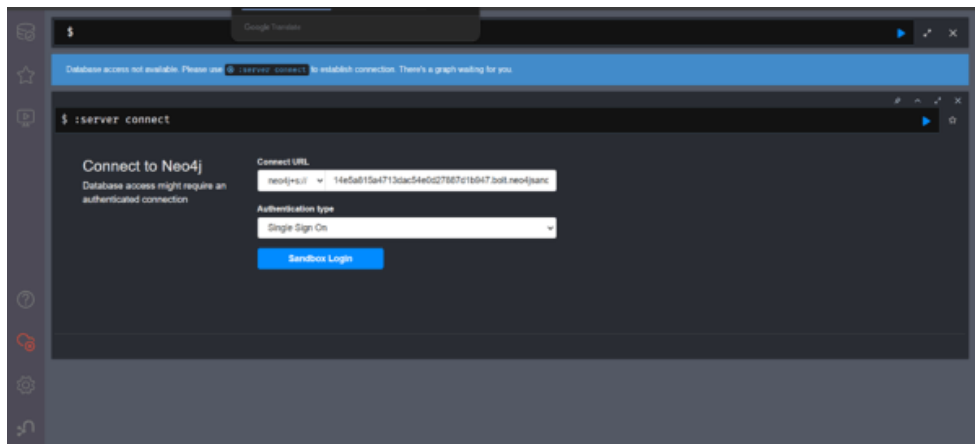


Figura 5 – Entorno de trabajo de Neo4j

Ya una vez ingresada las credenciales y ejecutado el entorno de trabajo de Neo4j en la web, se muestra una pantalla de inicio de la herramienta que permitió poder crear los nodos y consultas que fueron necesarios para el caso de estudio.

2.4.Creación de esquemas en Neo4j

La creación de esquemas en *Neo4j* fue fundamental, ya que permitió modelar las interacciones comerciales de manera que reflejen la realidad del negocio, asegurando una representación precisa de los datos en el grafo (Frame, 2022). De esta manera se procedió a la creación de los nodos y relaciones que sirvieron en el presente caso de estudio como se muestra a continuación:

| Nodo     | Query ejecutado                                                                                                                         |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Customer | MERGE (customer:Customer {customerID: row.CustomerID})<br>ON CREATE SET customer.age = toInteger(row.Age), customer.gender = row.Gender |

| Nodo    | Query ejecutado                                                                                                                                                                                                                                |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Order   | MERGE (order:Order {orderID: row.TransactionID})<br>ON CREATE SET order.orderDate = row.Date,<br>order.orderQuantity = toInteger(row.Quantity),<br>order.orderPxU = toFloat(row.PriceperUnit),<br>order.orderAmount = toFloat(row.TotalAmount) |
| Product | MERGE (product:Product {category: row.ProductCategory})                                                                                                                                                                                        |

Tabla 2 – Creación de nodos mediante lenguaje Cypher en Neo4j

| Nodos relacionados  | Nombre de la relación | Query ejecutado                        |
|---------------------|-----------------------|----------------------------------------|
| Order with Customer | PLACED_BY             | MERGE (order)-[:PLACED_BY]->(customer) |
| Order with Product  | CONTAINS              | MERGE (order)-[:CONTAINS]->(product)   |

Tabla 3 – Creación de la relación entre nodos mediante lenguaje Cypher en Neo4j

2.5.Aplicación de consultas en Neo4j

Se utilizó consultas en *Cypher*, el lenguaje de consulta de *Neo4j*, para obtener información relevante y significativa del grafo. Estas consultas permitieron examinar patrones de compra, detectar productos que los clientes adquieren con frecuencia y analizar la periodicidad de las compras a lo largo del tiempo, entre otras. Este método de análisis basado en grafos facilita tanto la identificación de tendencias como de relaciones complejas en los datos, al mismo tiempo que respalda la toma de decisiones estratégicas fundamentadas en un entendimiento profundo y detallado del comportamiento de ventas (García, 2017). Las consultas que se realizaron se muestran a continuación:

| Descripción de la consulta realizada                   | Query ejecutado                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Calcular el total de ventas por categoría de productos | MATCH (order:Order)-[:CONTAINS]->(product:Product)<br>WITH product.category AS category, SUM(order.orderAmount) AS totalSales<br>RETURN category, totalSales<br>ORDER BY totalSales DESC           |
| Calcular la cantidad de productos por categoría        | MATCH (order:Order)-[:CONTAINS]->(product:Product)<br>WITH product, SUM(order.orderQuantity) AS totalQuantity<br>RETURN product.category, totalQuantity<br>ORDER BY totalQuantity DESC<br>LIMIT 10 |

| Descripción de la consulta realizada                           | Query ejecutado                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Calcular las ventas totales en relación con la fecha de compra | MATCH (order:Order)<br>WITH order.orderDate AS orderDate, SUM(order.orderAmount) AS totalSales<br>RETURN orderDate, totalSales<br>ORDER BY orderDate    |
| Calcular la variación de las compras a lo largo del tiempo     | MATCH (order:Order)<br>RETURN order.orderDate AS OrderDate,<br>COUNT(order) AS OrdersCount, SUM(order.orderAmount) AS TotalSales<br>ORDER BY OrderDate; |

Tabla 4 – Creación de consultas mediante lenguaje Cypher para la obtención de datos relevantes

3. Resultados

3.1. Carga de archivo CSV en Neo4j

En el entorno de trabajo que presenta *Neo4j*, se procede a ejecutar la *query* que permite cargar primero la data del archivo *CSV*.

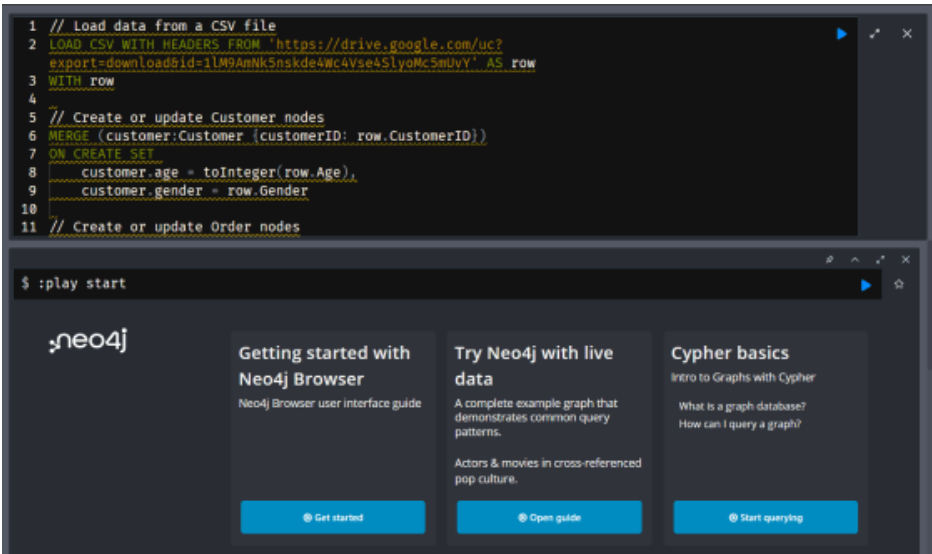


Figura 6 - Carga del archivo CSV en Neo4j

### 3.2. Representación de los nodos creados en Neo4j

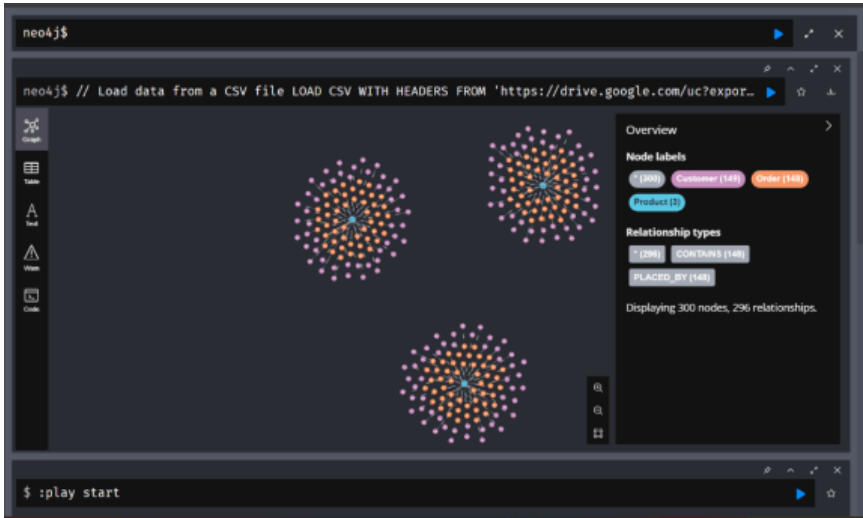


Figura 7 – Visualización de la información mediante nodos en Neo4j

Una vez cargada la data se procede a crear los nodos *Customer*, *Order* y *Product*, mediante las *queries* que anteriormente se mostraron para el presente caso de estudio, utilizando lenguaje *Cypher*, dando como resultado la visualización de los nodos creados en *Neo4j* (Frame, 2022).

Se muestra el código que permite crear o actualizar nodos de tipo *Customer* en la base de datos de grafos. La cláusula *MERGE* verifica si existe un nodo *Customer* con el *customerID* especificado en el archivo *CSV*. Si no existe, se crea un nuevo nodo *Customer* y se establecen las propiedades *age* y *gender* a partir de los valores del archivo *CSV*. Si el nodo ya existe, no se realiza ninguna acción adicional.

```
5 // Create or update Customer nodes
6 MERGE (customer:Customer {customerID: row.CustomerID})
7 ON CREATE SET
8   customer.age = toInteger(row.Age),
9   customer.gender = row.Gender
```

Figura 8 – Query para crear el nodo Customer en Neo4j

Se muestra el código que crea o actualiza nodos de tipo *Order* de manera similar a los nodos *Customer*. Se utiliza la cláusula *MERGE* para verificar si existe un nodo *Order* con el *orderID* especificado en el archivo *CSV*. Si no existe, se crea un nuevo nodo *Order* y



se establecen las propiedades orderDate, orderQuantity, orderPU (precio por unidad) y orderAmount (monto total) a partir de los valores del archivo CSV.

```

11 // Create or update Order nodes
12 MERGE (order:Order {orderId: row.TransactionID})
13 ON CREATE SET
14   order.orderDate = row.Date,
15   order.orderQuantity = toInteger(row.Quantity),
16   order.orderPU = toFloat(row.PriceperUnit),
17   order.orderAmount = toFloat(row.TotalAmount)

```

Figura 9 – Query para crear el nodo Order en Neo4j

Se muestra el código para crear o actualizar nodos de tipo Product utilizando la categoría del producto como identificador único. La cláusula MERGE verifica si existe un nodo Product con la categoría especificada en el archivo CSV. Si no existe, se crea un nuevo nodo Product.

```

19 // Create or update Product nodes
20 MERGE (product:Product {category: row.ProductCategory})

```

Figura 10 – Query para crear el nodo Product en Neo4j

```

22 // Create relationships
23 WITH order, customer, product, row
24 MERGE (order)-[:PLACED_BY]→(customer)
25 MERGE (order)-[:CONTAINS]→(product)
26
27 RETURN *;

```

Figura 11 – Query para crear las relaciones entre los nodos en Neo4j

Se muestra el código en lenguaje Cypher, para crear las relaciones entre los nodos Order, Customer y Product. La cláusula MERGE verifica si existe una relación del tipo PLACED\_BY entre el nodo Order y el nodo Customer. Si no existe, se crea una nueva relación. De manera similar, se verifica la existencia de una relación del tipo CONTAINS entre el nodo Order y el nodo Product, y se crea una nueva relación si no existe, y se devuelven todos los nodos y relaciones creados o actualizados durante la ejecución de la consulta.

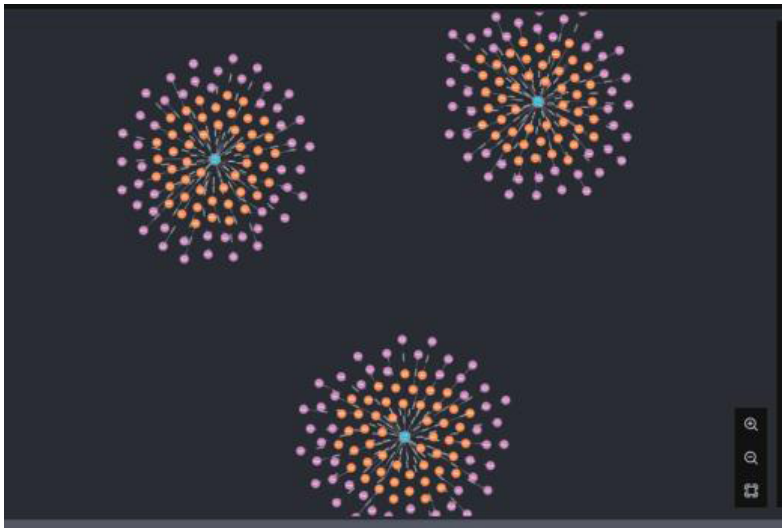


Figura 12 – Visualización general de los nodos creados en Neo4j

Al ejecutar todo el código anterior de manera conjunta, se logró crear los nodos correspondientes a Customer, Order y Product, además de establecer las relaciones entre ellos. Este es un procedimiento habitual en Neo4j para importar datos desde fuentes externas y construir una base de datos de grafos basada en dichos datos. A continuación, se muestran figuras que ilustran los nodos resultantes obtenidos mediante este proceso.

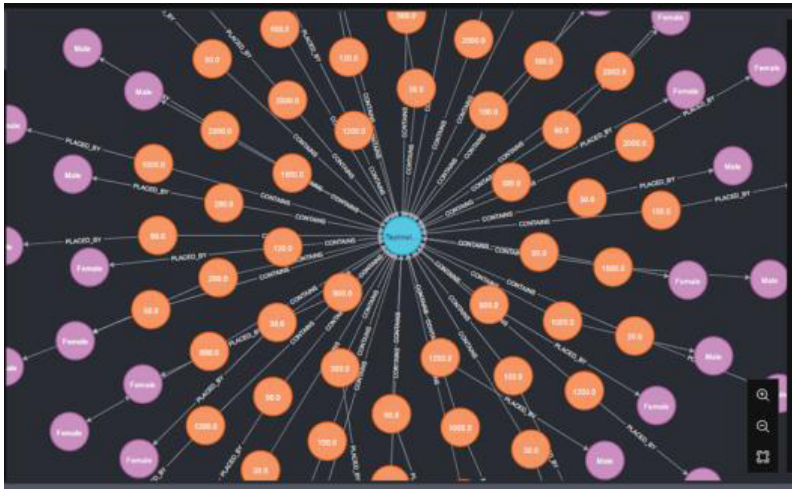
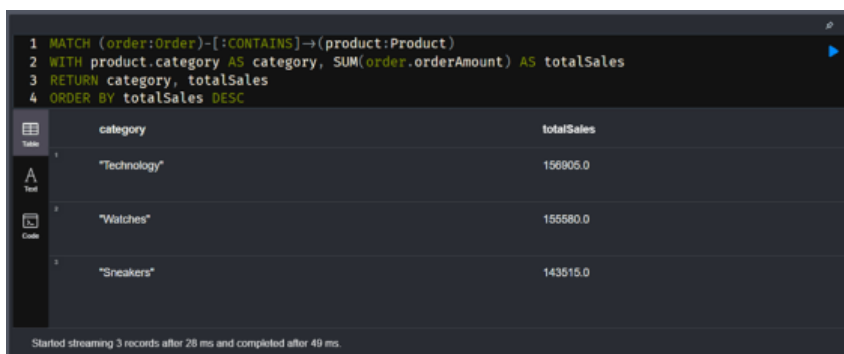


Figura 13 – Visualización a detalle de un nodo creado en Neo4j

### 3.3. Análisis de las consultas e interpretación de resultados

Continuando con el proceso que se realizó en Neo4j, se procedió a realizar diferentes consultas a la base de datos orientada a grafos creada anteriormente, las mismas sirvieron para obtener información relevante y que esta al ser analizada, sea de gran importancia para la toma de decisiones empresariales relacionadas al sector de ventas, las cuáles se detallan a continuación:



```

1 MATCH (order:Order)-[:CONTAINS]->(product:Product)
2 WITH product.category AS category, SUM(order.orderAmount) AS totalSales
3 RETURN category, totalSales
4 ORDER BY totalSales DESC

```

|   | category     | totalSales |
|---|--------------|------------|
| 1 | "Technology" | 156905.0   |
| 2 | "Watches"    | 155580.0   |
| 3 | "Sneakers"   | 143515.0   |

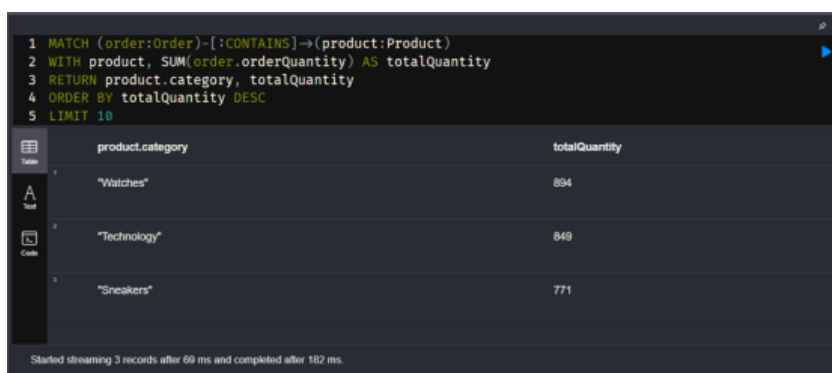
Started streaming 3 records after 28 ms and completed after 49 ms.

Figura 14 – Query para calcular el total de ventas por categoría de producto

#### Query 1: Análisis de ventas por categorías de productos

En esta consulta realizada se agrupa las ventas por categoría de producto y se calcula la suma total de las ventas para cada categoría. Los resultados se ordenan de manera descendente por el monto total de ventas, lo que permite identificar las categorías de productos más vendidas.

#### Interpretación de resultados obtenidos de la Query 1



```

1 MATCH (order:Order)-[:CONTAINS]->(product:Product)
2 WITH product, SUM(order.orderQuantity) AS totalQuantity
3 RETURN product.category, totalQuantity
4 ORDER BY totalQuantity DESC
5 LIMIT 10

```

|   | product.category | totalQuantity |
|---|------------------|---------------|
| 1 | "Watches"        | 894           |
| 2 | "Technology"     | 849           |
| 3 | "Sneakers"       | 771           |

Started streaming 3 records after 69 ms and completed after 182 ms.

Figura 15 – Query para calcular la cantidad de productos por categoría

Al analizar los resultados obtenidos de la consulta, se puede identificar a las categorías de productos que generan mayores ingresos y así poder enfocar las estrategias de marketing y ventas en estas categorías de productos. Además, se puede detectar categorías de productos con baja venta y se puede evaluar las acciones para mejorar su rendimiento.

**Query 2: Análisis de los productos más vendidos**

En esta consulta realizada se lista los 10 productos más vendidos en términos de cantidad total vendida (En este caso solo se muestran 3). Se agrupa los pedidos por producto, se suma las cantidades de cada pedido y ordena los resultados de manera descendente por la cantidad total de productos vendida.

**Interpretación de resultados obtenidos de la Query 2**

Al analizar los resultados, se puede identificar a los productos más populares y de mayor demanda. Esto permite tomar decisiones informadas sobre la gestión del inventario, la producción y la distribución de estos productos de alta salida. Además, se puede explorar estrategias de marketing y promociones específicas para impulsar aún más las ventas de estos productos que tienen mayor demanda.

**Query 3: Análisis de ventas totales en relación con la fecha de compra**

En esta consulta realizada se agrupa las ventas por fecha de pedido y se calcula la suma total de las ventas para cada fecha. Los resultados se ordenan de manera cronológica por la fecha del pedido, lo que permite visualizar las tendencias de ventas a corto y lo largo del tiempo.

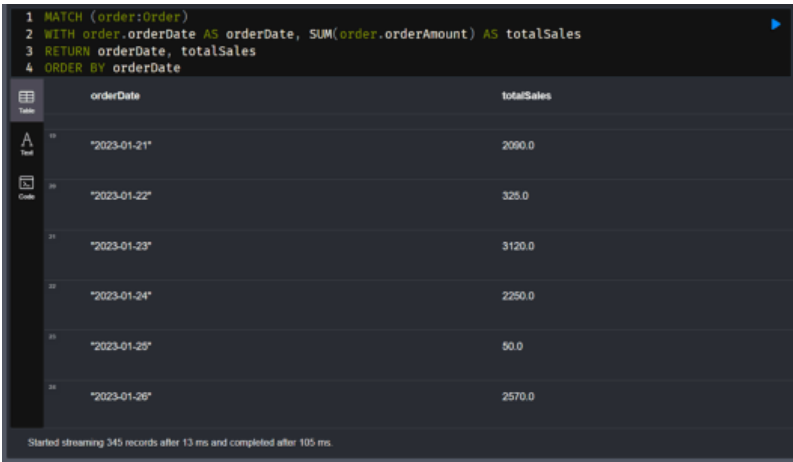


Figura 16 – Query para calcular las ventas totales en relación con la fecha de compra

**Interpretación de resultados obtenidos de la Query 3**

Al analizar los resultados, se puede identificar a períodos de mayor o menor actividad de ventas. Esto puede ayudar a detectar patrones estacionales, tendencias del mercado o el impacto de campañas de marketing en las ventas. Se puede utilizar esta información

para planificar estrategias de inventario, promociones y asignación de recursos en función de las tendencias detectadas.

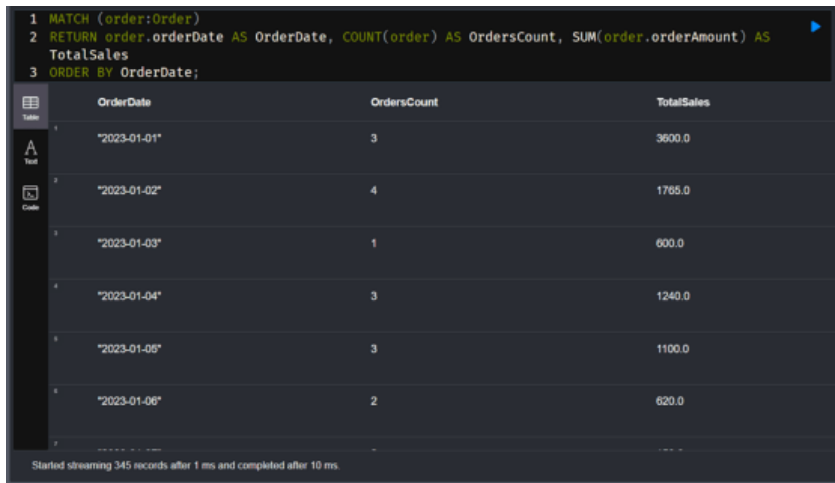


Figura 17 – Query para calcular la variación de las compras a lo largo del tiempo

**Query 4: Análisis de variación de las compras a lo largo del tiempo**

Esta consulta realizada indica una variabilidad en el comportamiento de compra de los clientes, con ciertos días mostrando mayor actividad en términos de órdenes y ventas totales. Esto podría estar influenciado por factores como promociones, eventos especiales, o patrones de consumo.

**Interpretación de resultados obtenidos de la Query 4**

Al analizar los resultados, se puede identificar que los días con ventas bajas podrían ser investigados más a fondo para identificar posibles causas, mientras que los días con ventas altas podrían servir como referencia para estrategias futuras. Esta variabilidad en las ventas sugiere patrones de compra no uniformes, posiblemente influenciados por factores como promociones o comportamiento estacional del cliente. Identificar estas tendencias puede ayudar a la empresa a ajustar sus estrategias de marketing y ventas, focalizando esfuerzos en días de baja actividad o potenciando las prácticas que generen mayores ingresos.

**4. Discusión**

El modelado de datos con grafos ha cobrado relevancia en el ámbito empresarial debido a su capacidad para representar relaciones complejas entre entidades de manera eficiente y flexible. Los antecedentes analizados muestran cómo este enfoque ha sido aplicado en distintos contextos para optimizar estrategias de ventas y toma de decisiones empresariales.

Comparando los antecedentes con los resultados obtenidos en la presente investigación, se observa una fuerte coincidencia en cuanto a los beneficios del modelado de datos con grafos en el análisis de ventas. En particular, los resultados permiten identificar las categorías de productos con mayores ingresos, lo que facilita la focalización de estrategias de marketing y ventas en estos segmentos. Además, se pueden detectar productos con baja rotación, lo que posibilita la implementación de acciones correctivas para mejorar su rendimiento. Asimismo, se pueden identificar patrones de demanda estacional, lo que contribuye a una mejor planificación del inventario y estrategias promocionales en función de las tendencias detectadas. Finalmente, se observa una variabilidad en las ventas según el día de la semana o eventos específicos, lo que permite realizar análisis de correlaciones con campañas de marketing o eventos externos.

Estos hallazgos coinciden con las conclusiones de los estudios analizados, reafirmando la utilidad del modelado de datos con grafos para la toma de decisiones basada en datos en el área de ventas. La representación en grafos permite una visualización intuitiva de las conexiones entre productos, clientes y tendencias de compra, optimizando así la gestión empresarial. El uso de bases de datos de grafos en el análisis de ventas representa una ventaja competitiva significativa, ya que proporciona información estructurada y relacional que no es fácilmente obtenible mediante modelos tradicionales. La aplicación de esta tecnología permite a las empresas anticiparse a la demanda, optimizar sus estrategias comerciales y mejorar la experiencia del cliente a través de una oferta más personalizada y eficiente.

## Referencias

- Acosta, M., Salas, L., Jiménez, M., & Guerra, A. (2018). La administración de ventas: Conceptos clave en el siglo XXI (Vol. 34). *3Ciencias*. <https://doi.org/10.17993/EcoOrgyCso.2017.34>
- Aguilar Quintero, N. A. (s. f.). Bases de datos NoSQL. *Academia.edu*. [https://www.academia.edu/37878582/Bases\\_de\\_Datos\\_NoSQL](https://www.academia.edu/37878582/Bases_de_Datos_NoSQL)
- Arriaza, M. (s. f.). Guía práctica de análisis de datos. *Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA)*. [https://www.researchgate.net/publication/314984329\\_Guia\\_practica\\_de\\_analisis\\_de\\_datos](https://www.researchgate.net/publication/314984329_Guia_practica_de_analisis_de_datos)
- Barón, D. (2024). Modelo predictivo de ventas usando aprendizaje automático (Machine Learning) para pronosticar las ventas diarias de una empresa [*Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia*]. *Repositorio UNAD*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/62872>
- Becerra, J., & Villarreal, E. (2021). Data Mining para modelo predictivo de ventas y servicios de mantenimiento en un concesionario automotriz ligero [*Tesis de pregrado, Universidad de Lima*]. *Repositorio Universidad de Lima*. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/15395>
- Beltrán, N., Medina, A., Pow Chon, D., & Sánchez, J. (2024). Uso de grafos para el análisis de datos del sector de ventas: un caso de estudio. *Pro Sciences*, 7(51), 37–58. <https://journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/688>

- Bender, C., Deco, C., González, J., Hallo, M., & Ponce, J. (2014). Tópicos avanzados de bases de datos. *Iniciativa Latinoamericana de Libros de Texto Abiertos (LATIn)*. <https://archive.org/details/2014TopicosAvanzadosDeBasesDeDatos>
- Calabuig, L. (2015). Bases de datos orientadas a grafos aplicadas al estudio de informes radiológicos: utilizando entornos de computación en la nube para abordar estudios de gran dimensión [*Trabajo de fin de máster, Universitat Politècnica de València*]. RiuNet. <https://core.ac.uk/reader/275611960>
- Carrillo, G., & Galpin, I. (2021). Analítica de grafos para identificar entidades relevantes y comunidades en Mercado Libre: un estudio de caso. *Revista Mutis*, 11(1), 77–95. <https://doi.org/10.21789/22561498.1740>
- Casas, J., Julbe, F., Macías, M., & Conesa, J. (2018). Análisis de datos en entornos Big Data. *Universitat Oberta de Catalunya*. <https://openaccess.uoc.edu/handle/10609/141647>
- Frame, A., & Blumenfeld, Z. (2022). Graph Data Science For Dummies® (2nd Neo4j Special Edition). *John Wiley & Sons*. <https://go.neo4j.com/rs/710-RRC-335/images/Graph%20Data%20Science%20For%20Dummies%20Book.pdf>
- García, D. (2017). Neo4j: Base de datos orientada a grafos [*Proyecto de fin de ciclo, IES Gonzalo Nazareno*]. [https://dit.gonzalonazareno.org/gestiona/proyectos/2017-18/Proyecto\\_David\\_Garcia.pdf](https://dit.gonzalonazareno.org/gestiona/proyectos/2017-18/Proyecto_David_Garcia.pdf)
- Gracia del Busto, H., & Yanes, O. (2012). Bases de datos NoSQL. *Telem@tica*, 11(3), 21–33. <https://biblat.unam.mx/en/revista/telemtica-la-habana/articulo/bases-de-datos-nosql>
- Hernández-González, S., Hernández-Torres, J. E., & Hernández-Ripalda, M. D. (2020). Análisis de las ventas empleando redes complejas: comunidades y centralidad de productos. *Ingeniería Industrial*, (38), 181–195. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2020.no38.4820>
- Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación (6.<sup>a</sup> ed.). *McGraw-Hill Education*. [https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)



# Método de coleta de dados governamentais com uso de técnicas de OSINT e processamento de linguagem natural

Natália Andrade Marques<sup>1</sup>, Bruna Maria de Andrade Augustinho<sup>1</sup>,  
Daniel Alves da Silva<sup>1</sup>, Georges Daniel Amvame Nze<sup>1</sup>,  
Fábio Lúcio Lopes de Mendonça<sup>1</sup>, Robson de Oliveira Albuquerque<sup>1</sup>

nataliaamarques19@gmail.com; brunaando9@gmail.com; daniel.alves@redes.unb.br;  
georges@unb.br; fabio.mendonca@redes.unb.br; robson@redes.unb.br

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia Elétrica – PPEE - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica, Zipcode 70910-900, Brasília, Brasil

Pages: 342-356

**Resumo:** Este artigo apresenta um método para extrair dados, produzir inteligência e realizar análises a partir dos documentos fornecidos pelos Diários Judiciários da Justiça do Trabalho do Brasil. Para tanto, adotou-se uma metodologia considerando OpenSource Intelligence (OSINT) com critérios específicos que orienta as etapas e o tratamento da fonte de dados abertos. Após a definição de processos e automatização de coleta de dados, de forma a permitir processamento e limpeza de dados, utilizou-se uma estrutura de processamento de linguagem natural para extrair entidades nomeadas e indexá-las, permitindo sua posterior identificação e recuperação em processos de análise. Os resultados apontam para um mecanismo eficiente de uso de OSINT integrado com NLP, que transforma dados não estruturados em dados estruturados, além de fazer a identificação de entidades nomeadas com bons índices de acurácia. A proposta define um processo automatizado de fluxo de dados e informações que permite a identificação e extração de entidades nomeadas em processos de investigação por órgãos de governo. A técnica descrita foi aplicada na Advocacia Geral da União (AGU) do Brasil e permitiu a visibilidade de informações antes não encontradas nas bases de dados.

**Palavras-chave:** OSINT; NLP; coleta; processamento; análise.

## *Method of collecting government data using OSINT techniques and natural language processing*

**Abstract:** This article presents a method for extracting data, generating intelligence, and performing analysis from documents published in the Judicial Gazettes of the Brazilian Labor Courts. To this end, a methodology was developed based on Open-Source Intelligence (OSINT) and specific criteria guiding the steps and processing of the open data source. After defining processes and automating data collection to enable data processing and cleansing, a natural language processing (NLP) framework was applied to extract and index named entities,

facilitating their identification and retrieval in subsequent analyses. The results demonstrate an efficient mechanism for integrating OSINT with NLP, transforming unstructured data into structured data and accurately identifying named entities. The proposed approach defines an automated data and information flow that supports the identification and removal of named entities during investigations by government agencies. The technique was applied at the Brazilian Attorney General's Office (AGU), providing early access to information before it appeared in official databases.

**Keywords:** OSINT; NLP; collection; processing; analysis.

## 1. Introdução

No cenário atual, a crescente interconexão digital entre os setores público e privado tem gerado um vasto panorama de dados governamentais disponíveis online. Nesse contexto, a utilização de métodos avançados para identificação e extração de informações torna-se crucial para profissionais de diversas áreas, desde a segurança cibernética até a pesquisa acadêmica. O Brasil tem evoluído em sua legislação para o comprometimento com a transparência nas suas ações com a Lei de Acesso à Informação (LAI) que estabelece um conjunto mínimo de informações que devem ser publicadas por todos os órgãos e entidades, obrigatoriamente, em seus sites oficiais (Gov.br, 2024), ampliando o escopo de informações acessíveis ao público. No entanto, a grande quantidade de dados torna difícil uma análise eficiente dessas informações, exigindo métodos eficientes para identificar e extrair informações relevantes.

Nesse sentido, os Diários Eletrônicos da Justiça do Trabalho (DEJT) representam um vasto repositório de informações relevantes. Contudo, muitas dessas informações acabam sendo subutilizadas devido à falta de soluções eficazes que permitam buscas práticas e eficientes nesses documentos, uma vez que os dados presentes encontram-se em formato não estruturados. Esse problema é especialmente relevante no contexto de Open Source Intelligence (OSINT), pois necessita de um método estratégico para a coleta, análise e interpretação de informações de fontes abertas. A extração eficiente desses dados apresenta-se como um desafio, destacando a necessidade de desenvolver processos que garantam a recuperação precisa de informações essenciais para análises assertivas.

A junção de um método bem definido baseado em OSINT com o uso de Natural Language Processing (NLP), destaca-se como uma solução essencial para a interpretação e extração de dados úteis. Dada a complexidade do processamento e análise dessas informações, a NLP possui um papel agregador na prática eficaz da aplicação em conjunto com OSINT, ao facilitar a automação e o aprimoramento dessas tarefas. Assim esse trabalho propõe uma estrutura de processamento de dados abertos que integra técnicas de OSINT com NLP, focando na extração e identificação de entidades nomeadas e na criação de uma estrutura de indexação que permite recuperar informações de forma eficiente, conforme as necessidades de pesquisa e correlação de dados da AGU. Com isso, o objetivo é otimizar a análise e o gerenciamento de grandes volumes de informações, proporcionando ao órgão um meio eficaz para a recuperação rápida e a interpretação precisa de dados coletados de fontes abertas.

Este artigo está estruturado conforme se segue. Após uma breve introdução, o capítulo 2 apresenta trabalhos relacionados e uma fundamentação teórica. O capítulo 3 apresenta a proposta em si e suas características. O capítulo 4 apresenta os resultados e discussões. O capítulo 5 conclui o trabalho e apresenta trabalhos futuros.

## **2. Fundamentação Teórica e Trabalhos Relacionados**

Este capítulo apresenta os tópicos necessários ao entendimento sobre as tecnologias, descrição de termos e trabalhos relacionados a esta pesquisa.

### **2.1. Fundamentação teórica**

Open Source Intelligence consiste em métodos e técnicas para realizar a coleta de maneira eficiente, processamento e correlação de informações públicas de dados abertos fontes de dados, como mídia de massa, redes sociais, fóruns e blogs, dados públicos governamentais, publicações ou dados comerciais. Dado alguns dados de entrada, juntamente com a aplicação de técnicas avançadas de coleta e análise, OSINT expande continuamente o conhecimento sobre o alvo. Dessa forma, as informações encontradas alimentam novamente o processo de coleta para chegar mais perto do objetivo final (Williams & Blum, 2018).

Natural Language Processing (NLP) é uma área que combina inteligência artificial (IA) e linguística para permitir que máquinas compreendam, interpretem e gerem a linguagem humana. Esta tecnologia aborda uma ampla gama de tarefas, como análise de texto, análise de sentimento, tradução automática e reconhecimento de fala. Os sistemas de NLP analisam a linguagem em múltiplos níveis, incluindo a sintaxe (ordem das palavras), a semântica (significado) e a pragmática (contexto) (Chang, 2023). Algumas de suas principais aplicações incluem marcação de partes do discurso, reconhecimento de entidades nomeadas, resolução de conferências e reconhecimento de fala. Além disso, o NLP é a base de aplicações como chatbots, assistentes virtuais e ferramentas de análise de sentimento, ajudando a aprimorar a interação entre humanos e máquinas.

#### **2.1.1. BERT**

O *Bidirectional Encoder Representations from Transformers* (BERT) é um modelo de linguagem baseado em *Transformers* desenvolvido pela Google em 2018 é amplamente utilizado no campo do Processamento de Linguagem Natural. Diferente dos modelos anteriores, o BERT é pré-treinado em grandes quantidades de dados textuais e utiliza um mecanismo bidirecional, o que significa que ele considera o contexto de uma palavra olhando tanto para a esquerda quanto para a direita da frase. Isso possibilita uma melhor compreensão do significado das palavras dentro do contexto apresentado (Devlin et al, 2018).

O treinamento do BERT envolve duas tarefas principais: a) Masked Language Modeling (MLM) – em que 15% das palavras de uma sentença são mascaradas, e o modelo deve prever essas palavras com base no contexto das outras palavras; e b) Next Sentence Prediction (NSP) – o modelo prevê se uma sentença segue logicamente a outra. Essas capacidades permitem que o BERT seja altamente eficaz em várias tarefas de NLP,

como classificação de texto, respostas a perguntas, e análise de sentimentos, entre outras. O modelo pode ser ajustado (*fine-tuned*) com dados específicos de uma tarefa, melhorando sua performance sem a necessidade de treinar um novo modelo do zero. Essas capacidades permitem que o BERT seja altamente eficaz em várias tarefas, como classificação de texto, respostas a perguntas, e análise de sentimentos, entre outras. O modelo pode ser ajustado com dados específicos de uma tarefa, melhorando sua performance sem a necessidade de treinar um novo modelo do zero.

## 2.2. Trabalhos relacionados

A pesquisa científica de Maciel & Andrade (2020) aborda a problemática dos Dados Governamentais Abertos no contexto brasileiro, com suporte da Ciência de Dados, e delinea os princípios e leis essenciais que qualificam um conjunto de dados como aberto. O trabalho proposto neste artigo também traz a importância do livre acesso da população a informações governamentais que devem ser públicas e propõem uma maneira eficiente de identificar essas informações, trazendo o Diário Oficial da Justiça do Trabalho como fonte primária da prova de conceito.

O trabalho de Rocha et al. (2011) destaca o problema da corrupção no Brasil, centrando o foco do trabalho na utilização do Diário Oficial da União como fonte de dados para a detecção de irregularidades nos gastos públicos. A principal dificuldade evidenciada está na gestão do considerável volume de dados, que dificulta o monitoramento. Para contornar essa questão, utiliza-se uma ferramenta para conduzir o refinamento e a indexação dos dados, aprimorando, assim, o processo de busca e análise. A proposta desenvolvida neste trabalho utiliza NLP para identificar entidades e pode ser usado como uma ferramenta facilitadora no processo de identificação de possíveis fraudes e corrupções.

O estudo de Tanabe (2023) apresenta um método para a prática de OSINT com foco em princípios éticos e responsáveis. O autor examina os desafios da coleta e análise de informações de fontes abertas e propõe diretrizes que asseguram o respeito à transparência, integridade, privacidade e conformidade com as leis. Nesse sentido, o presente trabalho também se compromete a manter o respeito à transparência, privacidade e integridade das informações.

O artigo de Evangelista et al. (2023, pp. 425-439) teve como propósito realizar uma revisão sistemática da literatura sobre Open Source Intelligence com ênfase na sua aplicação em conjunto com Inteligência Artificial (IA). Esta pesquisa utiliza os conceitos de NLP e técnicas de OSINT para coletar e processar dados.

A proposta apresentada por Gonzalez & Lima (2003, pp. 347-395) tem como fundamento apresentar o conceito de recuperação de informação, que envolve a indexação de documentos e a busca nos mesmos, visando satisfazer as necessidades do usuário. Esta proposta também aborda NLP e como essa tecnologia tem auxiliado os pesquisadores na identificação de informações.

O trabalho de Tenney (2019) investiga como o modelo BERT revitaliza a pipeline clássica de Processamento de Linguagem Natural. O autor demonstra que, embora BERT seja um modelo de aprendizado profundo, ele captura informações linguísticas

que tradicionalmente eram obtidas por métodos convencionais, como análise sintática e semântica. Através de experimentos em diversas tarefas de NLP, o estudo revela que BERT não só alcança resultados semelhantes aos dos pipelines clássicos, mas frequentemente supera esses métodos. Este trabalho utiliza o modelo BERT para a criação de um modelo único para o reconhecimento de entidades dos cadernos eletrônicos do DEJT.

### 3. Proposta de Método com Recuperação de Dados

A proposta do método em si constitui-se de etapas de coleta, processamento e indexação de dados com objetivo suprir uma lacuna significativa no campo da análise de dados públicos baseadas em fontes abertas. Um dos desafios éticos presente nesse trabalho está em disponibilizar as informações de forma integral, sem perda de dados ou alteração do contexto, visto que, embora sejam de acesso público, os dados dos DEJT frequentemente incluem informações detalhadas sobre partes envolvidas em processos, como nomes, cargos, detalhes de disputas e locais de trabalho. A exposição desses dados fora do contexto jurídico original pode comprometer a privacidade dos envolvidos e resultar em consequências prejudiciais, como danos à reputação e julgamentos públicos inapropriados. Sendo assim, a proposta visa reunir informações do DEJT, processá-las de maneira eficiente e organizá-las em um formato acessível e estruturado, facilitando a sua utilização em estudos e decisões estratégicas. A ideia busca potencializar a transparência, fomentar a pesquisa e fornecer subsídios para tomada de decisões mais informadas, aproveitando o vasto repositório de dados disponíveis, mas muitas vezes subutilizados.

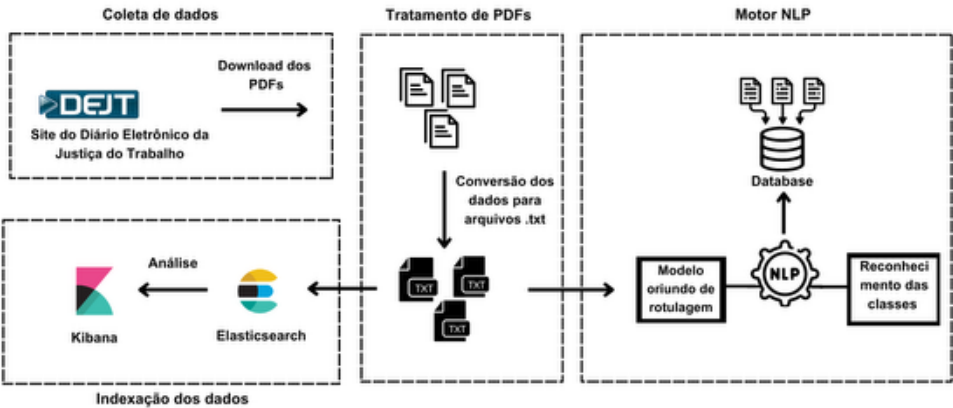


Figura 1 – Método Geral Proposto.

A proposta geral do método está ilustrada na Figura 1 e sua correspondente explicação nos tópicos seguintes.

#### 3.1. Coleta de dados

A fase inicial de coleta envolve a obtenção dos cadernos eletrônicos Judiciários da Justiça do Trabalho por meio do site do governo que disponibiliza o DEJT. Diariamente,

são disponibilizados 25 documentos distintos, cada um correspondente a 24 regiões da justiça do trabalho do Brasil e um documento do Tribunal Superior do Trabalho (TST). Considerando tal aspecto, desenvolveu-se um robô capaz de acessar automaticamente o repositório do DEJT diariamente, preencher os campos obrigatórios e efetuar o download dos dados desejados. O robô seta o local onde os dados serão armazenados e então realiza o download dos arquivos (todos em formato PDF). Esse processo é mostrado na Figura 2.

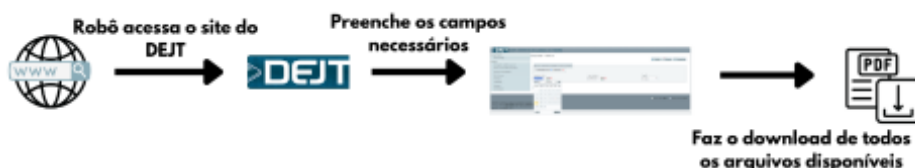


Figura 2 – Lógica de implementação do robô de coleta.

### 3.2. Tratamento dos PDFs

Após coletados pelo robô, os arquivos PDFs requerem processamento devido à sua natureza. Esses documentos apresentam estrutura não padronizada, falta de semântica, dificuldade de pesquisa e frequentemente possuem um grande número de páginas, às vezes ultrapassando 20.000 por documento. E isso é variado e depende do dia e da região em relação aos processos judiciais em andamento. A figura 3 explica o fluxo geral do tratamento dos arquivos PDF.



Figura 3 – Lógica de implementação do script de processamento.

Observou-se que o processamento direto dos arquivos PDFs era inviável, exigindo a conversão para um formato mais tratável. Optou-se pela conversão para formato texto puro, o que demandou o desenvolvimento de um script em python para preservar a estrutura original dos dados. Esta conversão é consideravelmente complexa devido às características dos PDFs disponibilizados pelo DEJT que geralmente estão em duas colunas, requerendo uma função especial para manter a integridade dos dados e seu sentido.

### 3.3. Indexação dos dados

Para indexar os dados coletados e processados, definiu-se um cluster com três servidores utilizando o *Elasticsearch* e um servidor Kibana para a visualização das informações. Sendo assim, três instâncias foram configuradas, uma delas designada como o servidor master e as outras duas como nós de redundância do *Elasticsearch* e o script alimentou os dados obtidos dos PDFs para consulta livre.

### 3.4. Motor NLP

A estrutura do motor NLP é subdividida em algumas etapas específicas, conforme se segue.

Primeiro é necessário realizar a divisão dos processos. Assim, para criar o *dataset* para treinamento de modelos de NLP, foi necessário realizar um pré-processamento das informações contidas nos cadernos judiciais. Para alcançar essa separação, identificou-se os limites de cada processo dentro dos cadernos judiciais. Uma observação importante foi perceber que cada processo sempre encerra com a indicação de uma data escrita no formato “DD de mês por extenso seguido de YYYY”, seguido de uma linha em branco, onde “DD” corresponde ao dia do mês e “YYYY” ao ano. Assim, utilizou-se esses parâmetros como critério para desenvolvimento de expressão regular (*regex*) para separar cada processo com a ajuda de um *script* desenvolvido em *python*.

Segundo, a partir da definição de entidades nomeadas para o pré-treinamento do modelo de Reconhecimento de Entidades Nomeadas, iniciou-se a rotulagem manual. A estratégia utilizada para realizar a rotulagem dos dados é considerando termos de *Begin*, *Inside*, *Outside* (BIO). Na marcação BIO, cada palavra ou *token* em uma frase é rotulado com uma *tag* que indica se ele é o início de uma entidade, se está dentro de uma entidade ou se está fora de uma entidade. Assim, B-xxxx (*Begin*) – indica o início de uma entidade. Por exemplo, “B-Pessoa” indicaria o início de uma entidade de pessoa. I-xxxx (*Inside*) – indica que o *token* está dentro de uma entidade que começou anteriormente. Por exemplo, “I-Pessoa” indica que o *token* faz parte da mesma entidade que começou anteriormente. O (*Outside*) – indica que o *token* não faz parte de nenhuma entidade. Por exemplo, em uma frase, João Silva trabalha na empresa ABC”, usando a marcação BIO, a rotulagem seria realizada como mostrado na Tabela 1.

Terceiro, a utilização do aprendizado de máquina permite que o sistema identifique automaticamente e classifique as informações relevantes nos documentos, otimizando significativamente o processo de busca e recuperação de dados. Além disso, a capacidade de aprendizado e adaptação do modelo de aprendizado de máquina permite aprimorar continuamente a precisão e a eficiência do sistema. Após o pré-processamento dos dados, avançou-se para a etapa final do motor NLP – o treinamento dos modelos NLP utilizando modelos de linguagem grandes (LLM). Nesta etapa, o primeiro subpasso consiste em empregar o conjunto de dados gerado a partir da rotulagem como entrada para o treinamento dos modelos. Em seguida, os modelos são treinados com dados não rotulados em diversas tarefas de pré-treinamento. Durante o processo de treinamento, adotou-se uma abordagem de ajuste fino, na qual o modelo BERT é inicializado com parâmetros pré-treinados. Em seguida, todos os parâmetros do modelo são refinados utilizando os dados rotulados específicos das tarefas posteriores. É relevante destacar



que os datasets criados no BERT foram concebidos exclusivamente para a solução proposta neste trabalho.

| Palavra  | Rótulo   | Palavra | Rótulo    |
|----------|----------|---------|-----------|
| João     | B-PESSOA | na      | O         |
| Silva    | I-PESSOA | empresa | O         |
| trabalha | O        | ABC     | B-EMPRESA |

Tabela 1 – Exemplo de rotulagem.

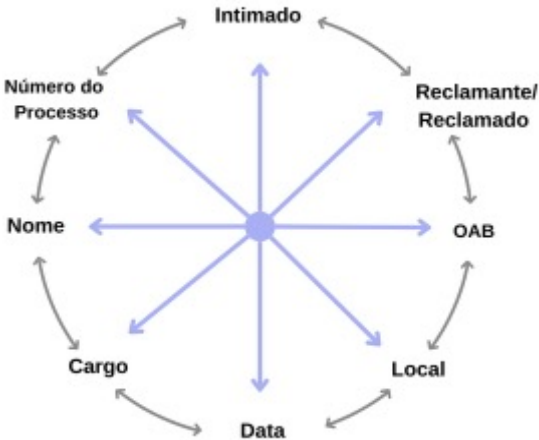


Figura 4 – Representação de entradas e saídas.  
Fonte: adaptado (Tanabe et. al, 2022, pp. 42-54)

A subfase de extração de informações visa extrair automaticamente informações estruturadas a partir de dados não estruturados (arquivos PDFs convertidos em texto). No subprocesso de mapeamento, são identificadas as entidades específicas de interesse da busca. Para tanto utilizou-se diferentes critérios, tais como: números de processos, nomes das pessoas envolvidas no caso, suas funções, datas de publicação, portarias, nomes de desembargadores, entre outros. Esses elementos são utilizados para identificar as informações úteis nos diários eletrônicos da justiça do trabalho, conforme ilustrado na Figura 4.

3.5.Criação do Primeiro Modelo

Considerando a estrutura do método proposto conforme a figura 1, o primeiro modelo foi criado a partir dos dados rotulados para treinamento, tendo como entrada o dataset criado inicialmente para essa finalidade.

Para avaliar o modelo, uma etapa de predição utiliza o modelo treinado para prever ou classificar dados ainda não vistos com base nos padrões aprendidos durante o

treinamento. Nesta etapa, utiliza-se um script desenvolvido para realizar a predição, aplicando o modelo em mais processos em formato JSON. Como resultado, obtém-se uma saída contendo as palavras rotuladas, disponível em formato CSV ou JSON.

Para o refinamento das informações deve-se aplicar a correção dos rótulos gerados pela predição. O ajuste aplicado ao conjunto de dados produzido na fase anterior, assegura que os registos estejam em conformidade com os padrões estabelecidos. Após a correção, as novas informações são incorporadas ao dataset, o que permite aumentar o volume e, consequentemente, treinar o modelo com maior precisão.

Com mais dados no dataset, realiza-se o treinamento novamente, resultando em maior acurácia. Para tanto, os seguintes passos são considerados; a) leitura e pré-processamento dos dados: O código lê dados de entrada de um arquivo CSV e realiza algum pré-processamento básico, como preenchimento de valores ausentes e organização das sentenças e etiquetas; b) tokenização usando BERT: As sentenças são tokenizadas usando o tokenizador do modelo BERT, que divide o texto em tokens de subpalavras. Isso é importante para lidar com palavras fora do vocabulário e melhorar o desempenho do modelo; c) criação de tensores e máscaras de entrada: As sentenças tokenizadas são convertidas em IDs de token e são criadas máscaras de atenção para indicar quais tokens são reais e quais são preenchimentos. d) divisão dos dados em conjuntos de treinamento e validação: Os dados são divididos em conjuntos de treinamento e validação para avaliar o desempenho do modelo durante o treinamento; e) treinamento do modelo BERT: O modelo BERT é treinado por várias épocas, o que ajusta os pesos do modelo para minimizar a perda durante o treinamento; e) avaliação do modelo: Após o treinamento, o modelo é avaliado no conjunto de validação para medir sua precisão e desempenho geral usando métricas como o F1-score; f) salvando o modelo treinado: Por fim, o modelo treinado é salvo em um diretório especificado para uso futuro em outras tarefas de classificação de tokens.

Para medir o eficacia do motor NLP, levou-se em consideração 3 métricas importantes, *precision*, *recall*, e *f1-score*. *Precision* trata-se da proporção de previsões positivas corretas em relação a todas as previzões positivas feitas pelo modelo. Em termos práticos uma alta precisão indica que o modelo comete poucos falsos positivos. O *Recall* também pode ser chamado de sensibilidade, mede a proporção de previsões positivas corretas em relação a todas as instâncias realmente positivas no conjunto de dados, ou seja, verifica quantas das instâncias que deveriam ser classificadas como positivas foram corretamente identificadas pelo modelo. Por fim, o *F1 – score* trata-se da média harmônica entre precisão e recall, proporcionando uma métrica balanceada que considera ambos.

#### 4. Testes e Resultados

Neste capítulo são apresentados os testes e os resultados obtidos a partir da implementação dos processos descritos do método proposto. O robô coleta os dados do DEJT diariamente conforme esperado e salva os arquivos na pasta de destino escolhida. Após a coleta dos dados, foi realizado o tratamento inicial, que incluiu a conversão dos arquivos em formato PDF para o formato TXT. A Figura 5, apresenta o resultado da conversão, onde é possível observar a estrutura textual processada.



Figura 5 – Exemplo de um PDF convertido para texto.

#### 4.1. Indexação e visualização de dados não estruturados

Os dados convertidos são indexados no Elasticsearch. Conforme visto na Figura 6, é possível visualizar a indexação dos dados já convertidos para texto. É importante observar que o texto é apresentado em sua totalidade, sem qualquer normalização ou processamento adicional. Isso pode ser visto no campo “content” demonstrado na Figura 6, que contém o texto completo. Por sua vez, na Figura 7, é possível visualizar o *dashboard* gerado no Kibana a partir dos dados armazenados no Elasticsearch. A apresentação é relativamente limitada, uma vez que os dados não estão estruturados.



Figura 6 – Exemplo de visualização de arquivos em texto no Kibana.



Figura 7 – Exemplo de dashboard de dados não estruturados no Kibana.

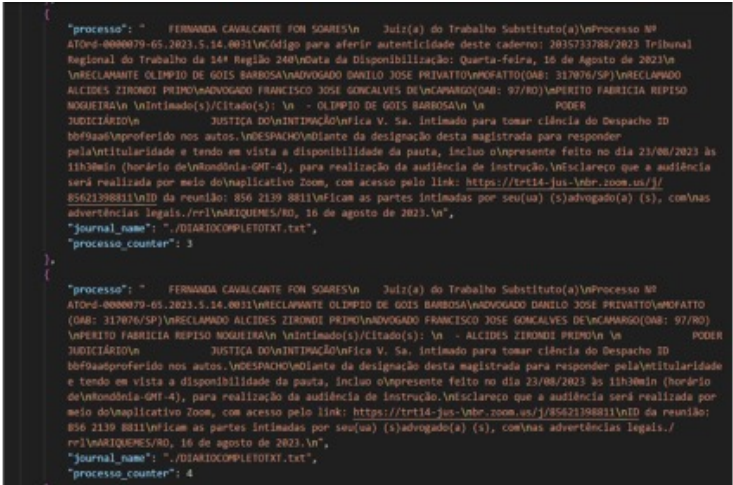


Figura 8– Processo dividido e em formato json.

4.2.Resultados do motor NLP

Os resultados referentes à aplicação do modelo que cabe ao motor NLP serão explicitados a seguir.

4.2.1. Divisão dos processos

Na figura 8, pode-se visualizar o resultado da divisão dos processos, o que dá início a etapa do processamento de linguagem neural.

4.2.2. Rotulagem Manual Inicial

Conforme explicado anteriormente, foi realizada a rotulagem manual de alguns processos para criar o primeiro conjunto de dados rotulados. É importante garantir que os dados estejam no formato correto; utilizamos o formato CSV, com três colunas: ID,

palavra e rótulo. O ID serve para diferenciar os processos. Após rotular alguns dados, o arquivo deve ser formatado para ser habilitado a servir de entrada para o treinamento. Assim, cria-se a primeira versão do dataset com os dados rotulados manualmente.

4.2.3. Resultados da Predição Inicial do modelo NLP

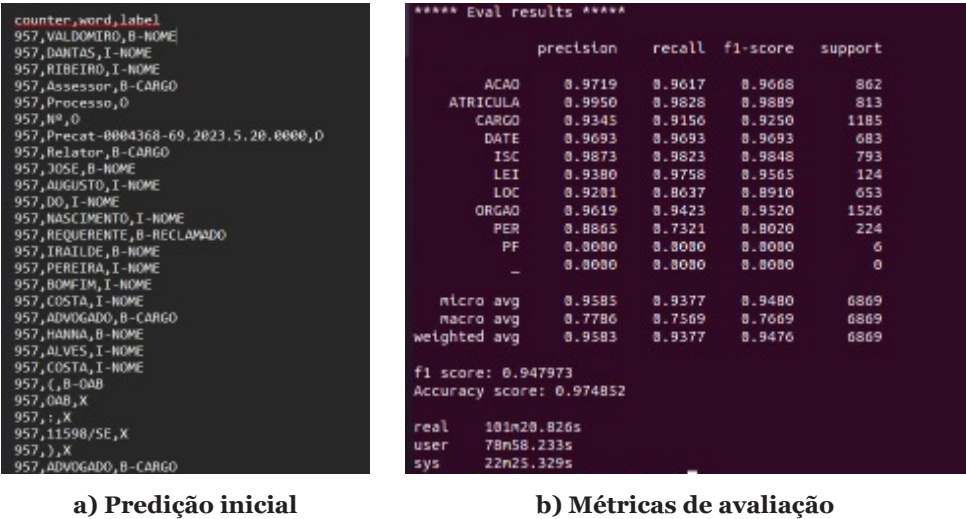


Figura 9 – Saída da predição inicial e acurácia do modelo de NLP

Na figura 9a visualiza-se o resultado obtido da predição inicial, onde o texto foi rotulado de acordo com o primeiro modelo gerado para classificar novas entidades de acordo com as labels estabelecidas e a Figura 9b apresenta dados de acurácia do modelo treinado, bem como a precisão, *recall*, e *f1-score*. Aqui consideramos o *f1-score* como métrica de avaliação da qualidade do modelo uma vez que tanto a precisão quanto o *recall* são igualmente importantes. Nota-se pela Figura 9b que o *f1-score* trouxe resultados satisfatórios, próximos a 90% de acerto após o modelo passar por treinamento.

4.2.4. Refinamento de Dados e Treinamento Adicional

Realizou-se a correção dos rótulos gerados pela predição inicial. O ajuste foi aplicado ao conjunto de dados produzido utilizando-se o primeiro modelo NLP, assegurando que os registros estejam em conformidade com os padrões estabelecidos. Após a correção, as novas informações foram incorporadas ao dataset, o que permitiu aumentar o volume e, conseqüentemente, treinar o modelo com maior precisão. À medida que o modelo é aplicado a um conjunto de dados maior, métricas como *precision* e *F1-score* tendem a se aproximar de 1 (Figura 9b). Isso indica que o modelo está rotulando os dados com maior precisão, sendo capaz de identificar corretamente as classes nos novos conjuntos de dados, conforme pode ser observado na Figura 10.

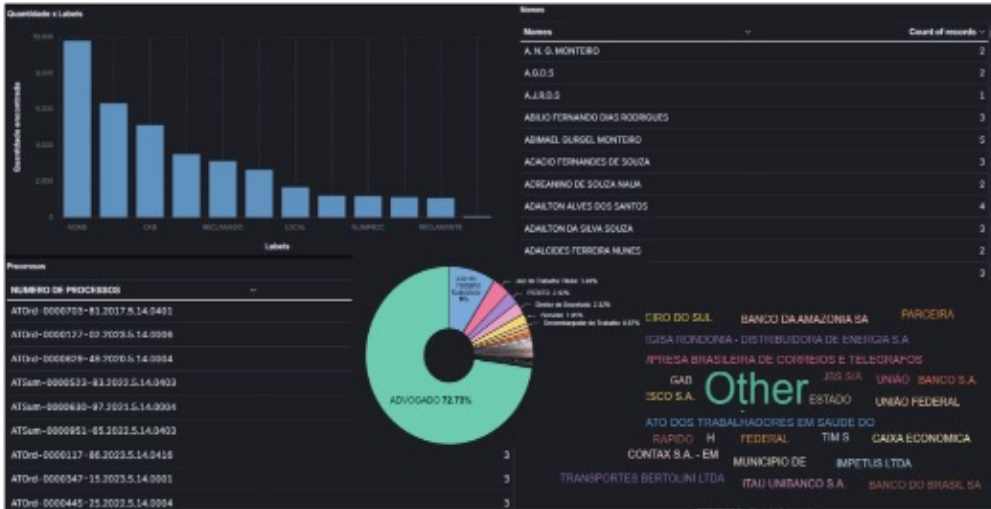


Figura 10 -Exemplo de dashboard de dados estruturados após o modelo NLP.

Por fim, de forma comparativa, os dados foram indexados após a aplicação do modelo de NLP no Elasticsearch para visualização no Kibana. Como resultado, obteve-se um *dashboard* mais preciso e objetivo, em comparação ao gerado a partir dos dados não estruturados, visto na Figura 7. A Figura 10 ilustra o *dashboard* resultante após a aplicação do modelo NLP, demonstrando a melhoria na organização e visualização das informações estruturadas, com a possibilidade de identificação de entidades nomeadas anteriormente não encontradas facilmente.

5. Conclusões e trabalhos futuros

A presente pesquisa com seus resultados expande ainda mais a aplicação do NLP no contexto de identificação de entidades em dados governamentais abertos com o foco de auxiliar não só pesquisadores, mas também organizações que tenham interesse em identificar informações de forma rápida e precisa. Nesse sentido, a proposta deste trabalho preenche uma lacuna na literatura existente relacionada a processos eficientes de implementação de técnicas de NLP com OSINT para fontes oficiais de governo considerando modelos de linguagem grande (LLM). Os resultados são em função de todo um trabalho de pesquisa e desenvolvimento dentro da Advocacia Geral da União (AGU).

O trabalho exposto nesse artigo propôs a implementação de um método baseado em OSINT para coleta de informações públicas tendo como fonte dados governamentais e usou a NLP como forma de identificar e extrair entidades nomeadas de interesse em processos investigativos para combate de fraude, corrupção e identificação de informações relevantes em análises investigativas. Compreende-se que para garantir a total disponibilidade dos dados, considerando a implementação realizada, o processo de indexação é importante para realizar o processamento prévio dos arquivos fornecidos



pelo DEJT. Na estrutura apresentada, os arquivos coletados e processados foram indexados no Elasticsearch por meio de um script dedicado a essa finalidade. Esse processo foi essencial para assegurar que os dados estivessem prontamente acessíveis e pesquisáveis, facilitando a análise e extração de informações relevantes.

Diante do detalhamento sobre o processo de treinamento de modelos utilizando técnicas NLP e a subsequente fase de extração de informações, torna-se evidente a relevância e a eficácia dessas técnicas na análise e interpretação de dados não estruturados. O emprego de modelos pré-treinados, como o BERT, aliado ao ajuste fino com dados específicos da tarefa, demonstra um refinamento essencial para a obtenção de resultados precisos e pertinentes às necessidades de análise dos dados coletados e consequente criação de LLM especialista.

Como trabalhos futuros ainda é necessário realizar melhorias no motor NLP e integrar outras fontes de dados, ampliando o processo investigativo de encontrar informações relevantes e alterando características de criação de LLM de acordo com a especificidade da tarefa. Outra possibilidade é o uso de outros dicionários baseados em NLP e modelos de linguagem grandes com o objetivo de refinar as saídas de processamento de dados e consequente disponibilização dos mesmos de forma a permitir uma busca mais eficiente de informações relevantes.

## Agradecimentos

*The authors would like to thank the technical and computational support provided by the LATITUDE Laboratory of the University of Brasília, TED 01/2019 of the Attorney General's Office (Grant AGU 697.935/2019), TED 01/2021 of the National Secretariat for Social Assistance – SNAS/DGSUAS/CGRS, TED 01/2021 of the General Coordination of Information Technology (CGTI) of the Attorney General's Office of the National Treasury – PGFN, the SISTER City Project – Secure and Real-Time Intelligent Systems for Smart Cities (Grant 625/2022), the Project “Control and Unification System for the Federal District Government – Sispro-DF” (Grant 497/2023), the Dean's Office for Research and Innovation – DPI/UnB, and FAP/DF.*

## Referências

- Chang, K.-H. (2023). Natural language processing: Recent development and applications. *Applied Sciences*, 13(20), 11395. <https://doi.org/10.3390/app132011395>
- Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2018). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *arXiv preprint. arXiv:1810.04805*. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1810.04805>. Acesso em: 12 set. 2024.
- Evangelista, J. R. G., Sassi, R. J., de Oliveira Gatto, D. D., Romero, M., Portellada, N., da Silva, R. C., & Farias, E. B. P. (2023). Abordagem de Inteligência de Fontes Abertas com Mapas Auto-Organizáveis De Kohonen e Processamento de Linguagem Natural para Execução Automática de Dorks. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E62), 425-439.



- Gov.br. (2024). Transparência Ativa. Disponível em: <https://www.gov.br/acessoainformacao/pt-br/assuntos/transparencia-ativa>. Acesso em: 02 set. 2024.
- Gonzalez, M., & Lima, V. L. S. (2003). Recuperação de informação e processamento da linguagem natural. In XXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (Vol. 3, pp. 347-395). sn.
- Maciel, P. V., & de Andrade, R. V. C. L. (2020). Um estudo sobre dados governamentais abertos (DGA) no contexto do Brasil com o suporte de ciência de dados. Programa de Iniciação Científica-PIC/UniCEUB-Relatórios de Pesquisa.
- Rocha, J. P. L. (2011). Inteligência de fontes abertas: um estudo de caso sobre descoberta de conhecimento no Diário Oficial da União.
- Tanabe, R., de-Oliveira-Albuquerque, R., da-Silva-Filho, D., Alves-da-Silva, D., & Costa-Gondim, J. J. (2022, November). OSINT Methods in the Intelligence Cycle. In International Conference on Computer Science, Electronics and Industrial Engineering (CSEI) (pp. 42-54). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Tanabe, R. (2023). Proposta de um método para inteligência de fontes abertas: valores e princípios para uma atividade ética e profissional.
- Tenney, I. (2019). BERT rediscovers the classical NLP pipeline. arXiv preprint. arXiv:1905.05950.
- Williams, H. J., & Blum, I. (2018). Defining second generation open source intelligence (OSINT) for the defense enterprise. Santa Monica: Rand Corporation.

# Aplicación de un Entorno Virtual de Aprendizaje con enfoque en Cápsulas Educativas en estudiantes de bachillerato para el fortalecimiento de la capacidad analítica en Matemática

Líder Euclides Zambrano Zambrano<sup>1</sup>, Fausto Leonidas Heredia Pilco<sup>1</sup>,  
Valeria Geovanna Montaguano Asimbaya<sup>1</sup>, Félix Bravo Faytong<sup>1</sup>,  
Julia Orlenda Robinson Aguirre<sup>1</sup>

lezambranoz@ube.edu.ec; flherediap@ube.edu.ec; vgmontaguanoa@ube.edu.ec;  
fabravof@ube.edu.ec; jorobinsona@ube.edu.ec

<sup>1</sup> Universidad Bolivariana del Ecuador, Guayas, Durán, 092406, Ecuador.

Pages: 357-366

**Resumen:** En este estudio se evaluó el impacto de las cápsulas educativas a través de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) del rendimiento académico de estudiantes de bachillerato en matemáticas. Mediante una investigación cuasiexperimental aplicada a un grupo de estudiantes utilizando pre y post pruebas, cuyos resultados evidenciaron una mejora en el rendimiento académico; lo que indicó que el uso de herramientas digitales optimiza la comprensión de conceptos y fomenta la autonomía en el aprendizaje. La integración de cápsulas educativas permitió desarrollar habilidades analíticas al facilitar la identificación de patrones y la resolución estructurada de problemas. La efectividad de estos entornos depende de factores técnicos como la infraestructura tecnológica, la interoperabilidad de plataformas y la capacitación docente en el uso de metodologías digitales. La literatura revisada sugirió que los EVA requieren un diseño instruccional basado en estrategias que promuevan la interacción, la retroalimentación inmediata y la adaptación a diferentes estilos de aprendizaje.

**Palabras-clave:** Entornos virtuales, rendimiento académico, capacidad analítica, matemáticas, aprendizaje autónomo, cápsulas educativas.

***Application of a Virtual Learning Environment with a focus on Educational Capsules in high school students to strengthen analytical skills in Mathematics***

**Abstract:** This study evaluated the impact of educational capsules through Virtual Learning Environments (VLE) on the academic performance of high school students in mathematics. Through quasi-experimental research applied to a group of students using pre and posttests, the results showed an improvement in grades after the implementation of the VLE, which indicated that the use of digital tools optimizes the understanding of concepts and promotes autonomy in learning.

The integration of educational capsules allowed the development of analytical skills by facilitating the identification of patterns and structured problem solving. The effectiveness of these environments depends on technical factors such as technological infrastructure, platform interoperability and teacher training in the use of digital methodologies. The literature reviewed suggested that VLEs require an instructional design based on strategies that promote interaction, immediate feedback and adaptation to different learning styles. It was concluded that their implementation should consider usability, accessibility and scalability criteria for their efficient integration into the educational process.

**Keywords:** Virtual environments, academic performance, analytical capacity mathematics, autonomous Learning, educational capsules.

## 1. Introducción

Los mecanismos de enseñanza-aprendizaje basados en Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) son un grupo de medios de interacción sincrónica y asincrónica. El ambiente donde se desarrollan estos escenarios requiere de múltiples elementos que influyen en el aprendizaje de los estudiantes, los recursos son la infraestructura, currículo de estudios, planificación del proceso de aprendizaje, comunicación y evaluación del aprendizaje. Desde el punto de vista de desarrollo, los EVA se han diseñado como herramientas de soporte para la educación a distancia, aunque actualmente se utilizan como complemento dentro de la educación presencial (González & Granera, 2021).

Los recursos tecnológicos para la enseñanza-aprendizaje en el área de las matemáticas se han desarrollado a lo largo del tiempo con nuevos métodos para un óptimo entendimiento considerando el análisis y resolución de temarios correspondiente al dominio matemático en estudiantes de nivel secundario (Fernández-Abella et al., 2019). En el contexto de esta investigación, se plantea el uso de capsulas educativas donde estas se definen como una herramienta o medio utilizado para el entendimiento mediante actuaciones integrales para identificar, interpretar y resolver problemas en el área de las matemáticas con idoneidad y ética, tomando en consideración el saber hacer y conocer.

Dentro del ambiente de enseñanza-aprendizaje mediante capsulas educativas implica que los estudiantes deben revisar y estudiar recursos como videos, tutoriales y documentos web presentes en internet apoyándose de una forma de aprendizaje autónomo. En Ecuador, el bajo rendimiento académico de estudiantes de nivel secundario instrucción bachillerato es alarmante según los reportes PISA-D, ya que, reportaron en 2018 que el 70.9 % de los estudiantes en Ecuador no alcanzaron el nivel 2, considerado nivel “básico” dentro de la competencia en matemáticas (González & Granera, 2021).

Los factores que influyen en el bajo rendimiento académico pueden atribuirse a las metodologías de enseñanza tradicional, factores socioeconómicos, familiares y falta de atención pedagógica (Junior & Junior, 2023). En esta investigación se propone analizar el método de enseñanza tradicional utilizado en Ecuador bajo regulación del Ministerio de Educación del Ecuador (MINEDUC) en comparación con un método de enseñanza-aprendizaje basado en EVA.

El objetivo de este estudio fue evaluar el entorno virtual de aprendizaje EVA mediante la usabilidad de las capsulas educativas para mejorar la capacidad analítica de los estudiantes de bachillerato de tres instituciones educativas de la ciudad de Santo Domingo en Ecuador.

## **2. Revisión de literatura**

### **2.1. Entornos virtuales de aprendizaje**

Los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) son plataformas digitales que facilitan el proceso educativo mediante la integración de recursos tecnológicos y pedagógicos. Estas herramientas permiten la interacción sincrónica y asincrónica entre estudiantes y docentes, superando las limitaciones de tiempo y espacio presentes en la educación tradicional (Encalada Díaz & Encalada Díaz, 2021).

Entre las características principales de los EVA se incluyen la flexibilidad, la accesibilidad, la posibilidad de personalizar el aprendizaje y la integración de diversos recursos multimedia que enriquecen la experiencia educativa. Estas plataformas se aplican en diversos contextos educativos, desde la educación a distancia hasta el apoyo complementario en modalidades presenciales, ofreciendo oportunidades para una educación más interactiva y centrada en el estudiante (Gallagher et al., 2022).

### **2.2. Impacto de entornos virtuales**

La implementación de EVA en la enseñanza de las matemáticas a nivel de bachillerato ha mostrado resultados positivos en el desarrollo de competencias matemáticas. EVA “propician nuevas y distintas formas de enseñar y de aprender, en cualquier nivel del sistema educativo, como apoyo para lograr una educación de calidad” (Niño-Rojas et al., 2024). La integración de herramientas tecnológicas en la enseñanza de las matemáticas facilita la visualización de conceptos abstractos, promueve la participación de los estudiantes y permite la adaptación de los contenidos a diferentes estilos de aprendizaje. Además, la retroalimentación inmediata que ofrecen estas plataformas contribuye a una comprensión más profunda y a la corrección oportuna de errores, fortaleciendo así el proceso de aprendizaje (Fernández-Abella et al., 2019).

### **2.3. Capacidad analítica y su desarrollo en el contexto de la educación secundaria**

La capacidad analítica se refiere a la habilidad para descomponer información compleja en partes más simples, identificar patrones y relaciones, y formular conclusiones lógicas. En el contexto de la educación secundaria, el desarrollo de esta capacidad es fundamental, especialmente en áreas como las matemáticas, donde el pensamiento crítico y la resolución de problemas son esenciales. La incorporación de EVA en el currículo puede potenciar el desarrollo de habilidades analíticas al ofrecer entornos interactivos que fomentan la exploración, el análisis y la aplicación de conceptos en situaciones prácticas (Zheng et al., 2019).

## **2.4. Educación digital y su influencia en el rendimiento académico**

Las plataformas educativas digitales han revolucionado la manera en que se imparte y se recibe la educación. Estas herramientas ofrecen recursos interactivos, evaluaciones en línea y espacios de colaboración que pueden influir significativamente en el rendimiento académico de los estudiantes (González & Granera, 2021). Estos hallazgos confirman el impacto positivo de la integración de plataformas educativas virtuales en las competencias matemáticas analizadas. La accesibilidad a materiales didácticos, la posibilidad de aprender a ritmo propio y la interacción constante con el contenido y con otros estudiantes son factores que contribuyen a mejorar el rendimiento académico. Sin embargo, es crucial que estas plataformas estén bien diseñadas pedagógicamente y que se integren de manera coherente en el plan de estudios para maximizar sus beneficios (Muñoz & Gasca-Hurtado, 2023).

## **2.5. Educación digital en Ecuador**

En Ecuador, la educación digital ha experimentado avances significativos en los últimos años, especialmente en el nivel secundario. La implementación de EVA ha permitido ampliar el acceso a recursos educativos y ha facilitado la continuidad del aprendizaje en contextos diversos. No obstante, persisten desafíos relacionados con la infraestructura tecnológica, la formación docente y la equidad en el acceso a estas herramientas (González & Granera, 2021).

Un análisis de los entornos virtuales de aprendizaje en educación secundaria destaca (González & Granera, 2021) que “la plataforma de MOODLE ofrece posibilidades de interacciones dinámicas entre las personas miembros de la comunidad educativa, para ello todos los sujetos deben manejar elementos básicos de alfabetización digital” (Gutiérrez-Portilla et al., 2014, p. 1). Esto subraya la necesidad de fortalecer las competencias digitales tanto de estudiantes como de docentes y de garantizar que las instituciones educativas cuenten con los recursos necesarios para una implementación efectiva de la educación digital (Martin-Requejo et al., 2023).

## **3. Materiales y métodos**

### **3.1. Población de estudio**

La población de estudio, está conformada de estudiantes de bachillerato de tres instituciones educativas pertenecientes a la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas en Ecuador, estas son: Unidad Educativa Augusto Arias, Unidad Educativa Metropolitano y Unidad Educativa Ricardo Cornejo Naranjo. El tamaño de la población fue de  $n = 270$ . El estudio solo se enfocó en estudiantes que cursaban el año lectivo 2023-2024 régimen Costa a nivel de instrucción de bachillerato.

### **3.2. Ambiente de estudio**

Para este estudio se implementó un EVA en gnomio.com, que es un servicio de alojamiento gratuito donde se puede utilizar MOODLE, en el cual se integró las cápsulas educativas.

Para la elaboración de las capsulas educativas se utilizó tres herramientas digitales que fueron: Canva, Spotify y Powtoon ®). El material didáctico fue elaborado considerando el temario de dominio matemático establecido por MINEDUC en 2022. Así mismo, el tema que se abordó para la aplicación del entorno virtual fue *Algebra lineal y funciones*, el cual es considerado parte del bloque curricular del área de matemáticas. Así mismo, se declara que los estudiantes, no han utilizado ninguno de los materiales didácticos mencionados antes del inicio del presente estudio.

### 3.3. Diseño

Para la aplicación de la investigación se utilizó un diseño cuasiexperimental con pre-prueba y post-prueba con un solo grupo de trabajo, inicialmente a este grupo se dio la instrucción mediante una clase tradicional abordando los temas de algebra lineal y funciones. Al final de la instrucción se aplicó una evaluación escrita para comprobar el rendimiento académico y la capacidad analítica de los estudiantes, posteriormente se seleccionó a los estudiantes que obtuvieron una nota inferior a 7/10 (No Alcanza los Aprendizajes Requeridos) en la pre-prueba, quedando 236 estudiantes, a este grupo se aplicó la instrucción utilizando el EVA que contiene las cápsulas educativas, al término de la instrucción se tomó una evaluación escrita para conocer el rendimiento académico y la capacidad analítica de los estudiantes.

### 3.4. Análisis de datos

Para la recolección de datos, se evaluó a la población de estudio al inicio de la investigación para determinar al subconjunto de estudiantes que no alcancen los conocimientos mínimos adquiridos es decir una calificación menor a 7/10 considerando una escala decimal (considerado Satisfactorio). El cuestionario se estructuró con la resolución de 10 ejercicios prácticos basados en el enfoque del *algebra lineal y funciones*.

Una vez filtrada, la población de estudio, se aplicó el mismo cuestionario para determinar la factibilidad del entorno virtual de aprendizaje diseñado. Para la presente investigación, se estableció un estudio descriptivo donde la variable de estudio es el número de estudiantes (frecuencia observada) aprobados bajo la escala de calificación mencionada anteriormente medida en (%). Los datos recolectados fueron analizados en el software R studio versión 3.6.

## 4. Resultados

En base a los resultados obtenidos, 34 estudiantes presentaron una calificación igual o mayor a 7/10 es decir su conocimiento adquirido es satisfactorio-excelente, mientras que 236 estudiantes reportaron una calificación menor a 7/10 como se observa en la figura 1. El promedio general unificado de la población de estudio fue de 4/10.

La aplicación del entorno virtual se realizó con un tamaño de población  $n = 236$  (posterior al filtrado de la población de estudio). Donde se observó que el 28.27 % ( $n=67$ ) de los estudiantes alcanzó una calificación no mayor a 7/10 mientras que el 71.73 % ( $n=169$ ) de los estudiantes logró una calificación igual o mayor de 7/10 como se observa en la figura 2.

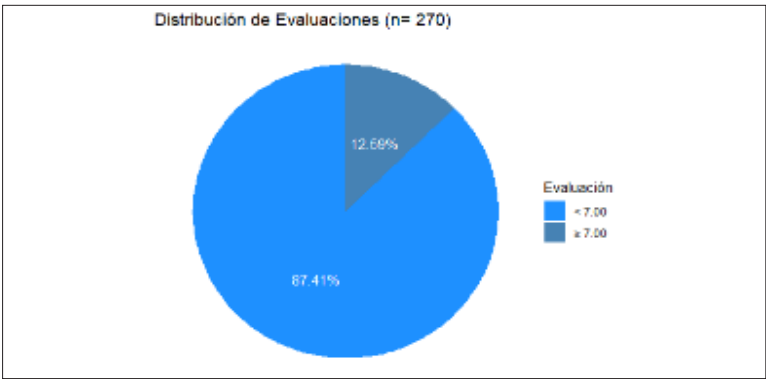


Figura 1 – Distribución de frecuencia de estudiantes antes de aplicación de EVA.

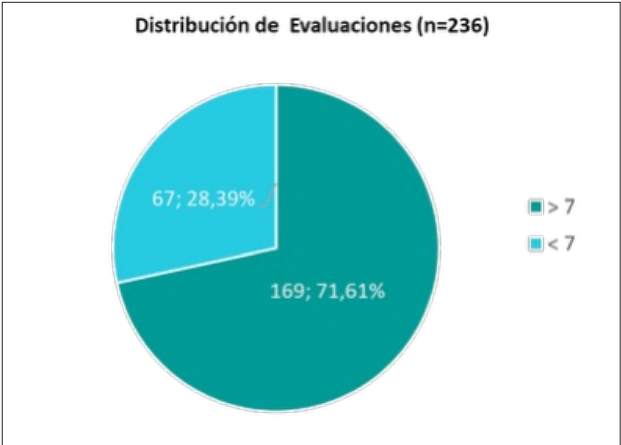


Figura 2 – Distribución de calificación de evaluaciones post aplicación de EVA en estudiantes con bajo rendimiento académico en matemáticas.

Además, se observó diferencia altamente significativa en los resultados de las evaluaciones aplicadas, considerando prueba de T-student con varianza homogéneas (Ver tabla 1). Donde se observó un notable mejoramiento de la resolución de los ejercicios matemáticos aplicados en la evaluación de estudio en los estudiantes de bachillerato como se observa en la figura 3.

| Estadístico                                   | Valor |
|-----------------------------------------------|-------|
| Media (Grupo antes de aplicación de EVA (G1)) | 3.32  |
| Media (Grupo post aplicación de EVA (G2))     | 7.45  |
| Diferencias de medias                         | 4.13  |
| Desviación estándar (G1)                      | 2.07  |



| Estadístico                       | Valor                  |
|-----------------------------------|------------------------|
| Desviación estándar (G2)          | 2.08                   |
| Desviación estándar de diferencia | 1.94                   |
| Grados de libertad                | 235                    |
| T- estadístico                    | -24.38                 |
| Valor de p                        | 2.06x10 <sup>-66</sup> |

Tabla 1 – Prueba de T-student asumiendo varianzas homogéneas considerando G1 y G2.

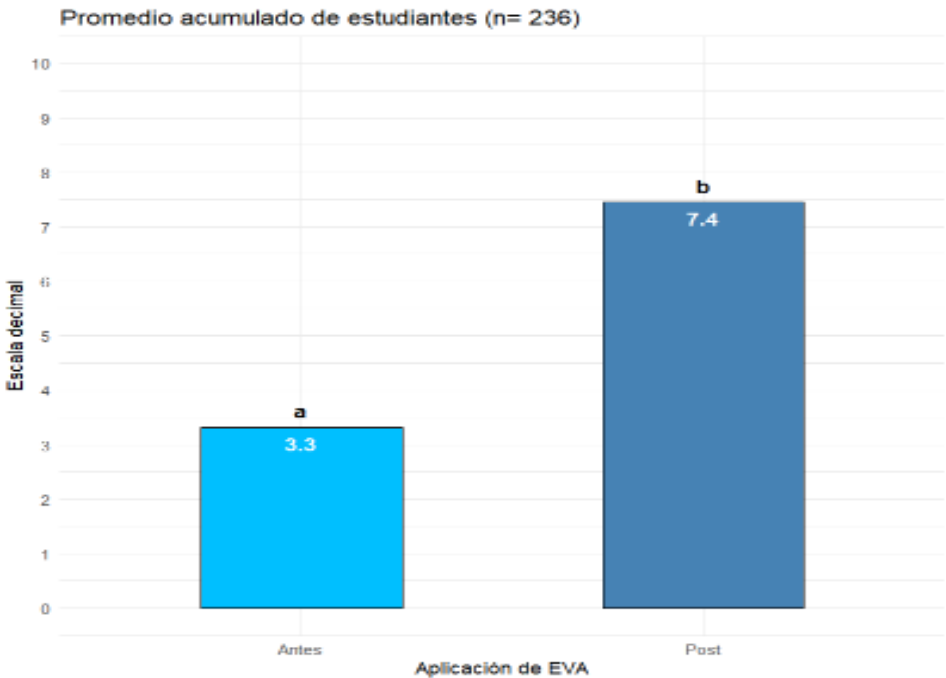


Figura 3 – Gráfico de barras para estimación de diferencia significativa entre el promedio calificación de la población de estudio con bajo rendimiento académico antes y post aplicación de EVA.

## 5. Discusión

La implementación de EVA en la enseñanza de las matemáticas a nivel de bachillerato ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. La presente investigación revela que la aplicación de un EVA incrementó significativamente las calificaciones en matemáticas, alineándose con estudios previos que resaltan la importancia de la tecnología en el aprendizaje de disciplinas abstractas. El uso de herramientas digitales en la educación matemática facilita la comprensión conceptual y fomenta la autonomía del estudiante en su proceso de aprendizaje

(Chauhan, 2017). Este hallazgo resaltó la necesidad de integrar plataformas digitales en la educación tradicional para reducir la brecha de aprendizaje en entornos de bajo rendimiento académico.

Los resultados obtenidos evidencian que el uso de recursos interactivos dentro de los EVA favorece el desarrollo de la capacidad analítica en los estudiantes. Investigaciones recientes han demostrado que los entornos digitales bien diseñados pueden mejorar significativamente las habilidades de resolución de problemas al proporcionar retroalimentación inmediata y acceso a múltiples representaciones matemáticas. En este sentido, la inclusión de cápsulas educativas como recurso pedagógico permitió una mayor adaptabilidad a los estilos de aprendizaje individuales y promueve la autoeficacia en la resolución de problemas matemáticos (Arida et al., 2022).

A pesar de los beneficios observados, la efectividad de los EVA en el aprendizaje de las matemáticas está condicionada por diversos factores, como el acceso a la tecnología, la capacitación docente y la motivación estudiantil. La implementación de herramientas digitales en la educación no garantiza por sí sola una mejora en el aprendizaje; es fundamental que estas sean acompañadas de estrategias pedagógicas adecuadas que incentiven la participación del estudiante y el desarrollo de pensamiento crítico. En este contexto, es crucial diseñar programas de formación docente que integren el uso de EVA de manera efectiva dentro del currículo académico (Kul, 2018).

El presente estudio sugiere que el empleo de EVA en el bachillerato puede contribuir a mejorar los indicadores de rendimiento académico en matemáticas, especialmente en contextos donde los estudiantes presentan dificultades en la comprensión de conceptos abstractos. La importancia de realizar análisis longitudinales para evaluar el impacto a largo plazo de estas metodologías en el desarrollo de habilidades matemáticas avanzadas. Futuros estudios podrían enfocarse en la comparación de distintos modelos de EVA y su efectividad en el fortalecimiento del pensamiento lógico-matemático en diferentes niveles educativos (Cheung & Slavin, 2013).

Así mismo, considerando que un porcentaje de los estudiantes (28.27 %), reportó un una calificación menor a 7/10 con lo que es considerando insuficiencia de conocimientos adquiridos, pueden presentarse otro tipo de métodos de enseñanza-aprendizaje como es la ludificación de conocimientos por medio de la gamificación como lo reportó (Marcillo et al., 2025), la calificación obtenida, también puede deberse a factores como falta de atención pedagógica, apoyo en casa y falta de práctica, lo cual no está contemplado dentro de este estudio, además este estudio sugiere extender su aplicabilidad hacia otros niveles de educación como educación básica y educación superior como método alternativo de enseñanza-aprendizaje.

## 6. Conclusiones

Esta investigación refuerza la idea de que los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) pueden marcar una diferencia significativa en el desempeño académico de los estudiantes de bachillerato en matemáticas. Se evidenció una mejora significativa en sus calificaciones tras la incorporación de esta tecnología, lo que indica que las

herramientas digitales no solo facilitan la comprensión de conceptos matemáticos, sino que también mejoran la capacidad analítica y el aprendizaje. En particular, el uso de cápsulas educativas resultó beneficioso, ya que permitió a los estudiantes desarrollar su capacidad analítica, ayudándolos a identificar patrones y abordar problemas con mayor confianza y precisión.

No obstante, la efectividad de estos entornos de aprendizaje no depende únicamente de su implementación. Factores como la disponibilidad de dispositivos tecnológicos, la formación de los docentes y la motivación de los estudiantes son determinantes para alcanzar su efectividad. La literatura sugiere que para aprovechar al máximo el potencial de los EVA, es necesario combinarlos con estrategias pedagógicas que fomenten la participación y el pensamiento crítico. Por ello, es importante que las instituciones educativas enfoquen su accionar de manera integral garantizando que estas herramientas se utilicen de manera efectiva y sostenida en el tiempo.

En definitiva, los EVA representan una alternativa valiosa para fortalecer la enseñanza de las matemáticas, de manera especial considerando los contextos que promueven dificultades y adversidades para un adecuado rendimiento académico. Sin embargo, su impacto a largo plazo dependerá en gran medida de la implementación de políticas educativas que aseguren un acceso equitativo a estas tecnologías y de la capacitación continua de los docentes en metodologías transformadoras que optimicen el aprendizaje en el aula.

## Referencias

- Arida, R. A. (Rency ), Andrade, R. R. (Rose ), & Mabilangan, R. A. (Rina ). (2022). Mathematics Self-Efficacy and the Use of Virtual Math Manipulatives Among Pre-Service Teachers. *International Journal of Educational Management and Development Studies*, 3(2), 45–66. <https://doi.org/10.53378/352897>
- Chauhan, S. (2017). A meta-analysis of the impact of technology on learning effectiveness of elementary students. *Computers & Education*, 105, 14–30. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2016.11.005>
- Cheung, A. C. K., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 88–113. <https://doi.org/10.1016/J.EDUREV.2013.01.001>
- Encalada Díaz, I. Á., & Encalada Díaz, I. Á. (2021). Aprendizaje en las matemáticas. La gamificación como nueva herramienta pedagógica. *Horizontes Revista de Investigación En Ciencias de La Educación*, 5(17), 311–326. <https://doi.org/10.33996/REVISTAHORIZONTES.V5117.172>
- Fernández-Abella, R., Peralbo-Uzquiano, M., Durán-Bouza, M., Brenlla-Blanco, J. C., & García-Fernández, M. (2019). Programa de intervención virtual para mejorar la memoria de trabajo y las habilidades matemáticas básicas en Educación Infantil. *Revista de Psicodidáctica*, 24(1), 17–23. <https://doi.org/10.1016/J.PSICOD.2018.09.002>

- Gallagher, M. A., Parsons, S. A., & Vaughn, M. (2022). Adaptive teaching in mathematics: a review of the literature. *Educational Review*, 74(2), 298–320. <https://doi.org/10.1080/00131911.2020.1722065>
- González, J. I., & Granera, J. (2021). Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) para la enseñanza-aprendizaje de la Matemática. *Revista Científica Estelí*, 49–62. <https://doi.org/10.5377/FAREM.VoIo.11607>
- Gutiérrez-Portilla, M., Gutiérrez-Portilla, P., & Álvarez-Causelo, P. (2014). IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, 2021(16), 236–259. <https://doi.org/10.46661/IJERI.4701>
- Junior, A. P., & Junior, H. C. R. (2023). História no ensino secundário: reformas, currículo e sensibilidades. *ETD - Educação Temática Digital*, 25, e023002–e023002. <https://doi.org/10.20396/ETD.V25I00.8664268>
- Kul, U. (2018). Influences of Technology Integrated Professional Development Course on Mathematics Teachers. *European Journal of Educational Research*, 7(2), 233–243. <https://doi.org/10.12973/EU-JER.7.2.233>
- Marcillo, F., Cusme, L., Torres, J., & Begnini, L. (2025). Gamificación: Evaluación del módulo aprenda a leer de la app Preescolar Montessori. *Revista InGenio*, 8(1), 88–96. <https://doi.org/10.18779/INGENIO.V8I1.896>
- Martin-Requejo, K., González-Andrade, A., Álvarez-Bardón, A., & Santiago-Ramajo, S. (2023). Implicación de las funciones ejecutivas, la inteligencia emocional y los hábitos y técnicas de estudio en la resolución de problemas matemáticos y el cálculo en la escuela primaria. *Revista de Psicodidáctica*, 28(2), 145–152. <https://doi.org/10.1016/J.PSICOD.2023.06.003>
- Muñoz, M., & Gasca-Hurtado, G. P. (2023). Gamificación para atender los desafíos de la enseñanza Ingeniería de Software en instituciones de educación superior. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 2023(49), 5–21. <https://doi.org/10.17013/RISTI.49.5-21>
- Niño-Rojas, F., Lancheros-Cuesta, D., Jiménez-Valderrama, M. T. P., Mestre, G., & Gómez, S. (2024). Systematic Review: Trends in Intelligent Tutoring Systems in Mathematics Teaching and Learning. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 12(1), 203–229. <https://doi.org/10.46328/IJEMST.3189>
- Zheng, G., Fancsali, S. E., Ritter, S., & Berman, S. R. (2019). Using Instruction-Embedded Formative Assessment to Predict State Summative Test Scores and Achievement Levels in Mathematics. *Journal of Learning Analytics*, 6(2), 153–174. <https://doi.org/10.18608/jla.2019.62.11>

# Inteligencia artificial en salones de clase en universidades mexicanas

Rodolfo Alan Martínez Rodríguez<sup>1</sup>, Sergio Ramses Razo Pelatos<sup>2</sup>,  
Yéssica Sandybel Garduño Espinoza<sup>3</sup>, Román Lizárraga Benítez<sup>4</sup>

**rodolfo.martinez@uabc.edu.mx; sergraz@uabc.edu.mx; sgarduno@uabc.edu.mx;  
romaniii@uabc.edu.mx**

<sup>1,2,3,4</sup> Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada Baja California, 22785, México.

Aviso: En la elaboración de este trabajo se utilizó ChatGPT para estructurar de forma coherente el documento final basado en las ideas originales de los autores y para revisar la ortografía, la gramática y parafrasear las ideas propuestas por los autores. Asimismo, se empleó la plataforma SCISPACE para buscar y realizar resúmenes de artículos y sintetizar contenidos. Adicionalmente, se hizo uso de NotebookLM para revisar referencias y verificar su pertinencia en el documento. Finalmente, los autores revisaron el resultado final para garantizar que el documento refleja fielmente sus propuestas originales, hacer referencia adecuada a los autores citados y descartar posibles alucinaciones.

**Pages: 367-381**

**Resumen:** La implementación de tecnologías basadas en inteligencia artificial (IA) en el ámbito educativo ha demostrado ser una herramienta transformadora para el proceso de enseñanza-aprendizaje en universidades mexicanas. Este estudio examina la incorporación y los efectos de la IA en salones de clase, identificando su impacto en la personalización del aprendizaje, el rendimiento académico y la participación estudiantil. A través de una revisión de literatura y análisis de casos de uso específicos, se destaca cómo la IA facilita la adaptación del contenido educativo a las necesidades individuales de los estudiantes, mejora la interacción estudiante-docente y promueve el desarrollo de habilidades críticas y creativas. Además, se exploran los desafíos asociados con la integración de la IA, incluyendo la ética en la gestión de datos, la capacitación de docentes y la necesidad de equilibrar la personalización con la equidad. Finalmente, se proyecta el futuro de la IA en la educación en México, enfatizando su potencial para revolucionar la experiencia educativa mediante la promoción de una enseñanza más inclusiva, accesible y de alta calidad. Este estudio establece una base para futuras investigaciones, delineando el camino hacia una implementación efectiva y responsable de la IA en contextos educativos, y subrayando la importancia de abordar los desafíos emergentes para maximizar su impacto positivo en la educación superior en México.

**Palabras-clave:** Inteligencia artificial, Educación superior, Tecnología educativa.

## *Artificial intelligence in classrooms in Mexican universities*

**Abstract:** The implementation of artificial intelligence (AI)-based technologies in the educational field has proven to be a transformative tool for the teaching-learning process in Mexican universities. This study examines the integration

and effects of AI in classrooms, identifying its impact on personalized learning, academic performance, and student engagement. Through a literature review and analysis of specific use cases, the study highlights how AI facilitates the adaptation of educational content to the individual needs of students, improves student-teacher interaction, and promotes the development of critical and creative skills. In addition, it explores the challenges associated with AI integration, including ethics in data management, teacher training, and the need to balance personalization with equity. Finally, the study projects the future of AI in Mexican education, emphasizing its potential to revolutionize the educational experience by promoting more inclusive, accessible, and high-quality teaching. This research lays a foundation for future studies, outlining a path toward the effective and responsible implementation of AI in educational contexts, and underlining the importance of addressing emerging challenges to maximize its positive impact on higher education in Mexico.

**Keywords:** *Artificial Intelligence, Higher Education, Educational Technology.*

## 1. Introducción

### 1.1. Inteligencia artificial, Educación superior, Tecnología educativa

En el contexto de la educación, la implementación de tecnologías y técnicas computacionales basadas en inteligencia artificial (IA) ha demostrado ser una herramienta valiosa para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en los salones de clase de las universidades mexicanas. La inteligencia artificial se ha vuelto intrínseca a diversas áreas, incluyendo la educación. Gracias a los avances tecnológicos, se ha logrado desarrollar sistemas inteligentes que brindan un apoyo integral a docentes y estudiantes. Estas estrategias pedagógicas basadas en inteligencia artificial permiten adaptar el proceso formativo y evaluativo a las necesidades específicas de cada estudiante, mejorando así la participación y el desempeño académico.

La inteligencia artificial ha comenzado a tener un impacto significativo en el ámbito educativo, especialmente en el aula de clases. Los avances en tecnología y la creciente disponibilidad de recursos digitales han permitido la integración de la IA en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Según Prensky (2001), los estudiantes de hoy en día, a quienes se les llama “nativos digitales”, tienen una forma diferente de pensar y procesar la información debido a su exposición constante a la tecnología. Por otro lado, los profesores y educadores, a quienes se les llama “inmigrantes digitales”, están aprendiendo y adoptando nuevas tecnologías para adaptarse a las necesidades de los estudiantes. Esta diferencia en la forma de pensar y procesar la información ha llevado a la necesidad de utilizar la IA en el aula para mejorar la experiencia educativa.

La IA puede ser utilizada como una herramienta para facilitar el aprendizaje y mejorar la calidad de la educación. Según Castillejos López, (2022), la IA ha invadido los espacios de aprendizaje con el objetivo de revolucionar la educación. Los creadores de contenido en medios sociales como TikTok comparten hacks o trucos académicos para facilitar el desarrollo de las tareas de los estudiantes usando IA. Sin embargo, es importante tener en cuenta que no todos los recursos compartidos son éticos y pueden promover prácticas poco éticas en el aula. Por lo tanto, es necesario reflexionar sobre el impacto que genera la IA en los entornos personales de aprendizaje de los estudiantes universitarios.

En el campo de la enfermería, la IA también ha comenzado a tener un impacto significativo. Según Mejías y colaboradores (2022), la investigación sobre tecnologías basadas en IA en el cuidado de la salud ha aumentado en la última década, mostrando un gran potencial para mejorar la atención y la educación en enfermería. Sin embargo, la adopción de nuevas tecnologías en enfermería es aún lenta y se considera que el uso de la IA está en sus inicios. Es necesario que las enfermeras realicen competencias tecnológicas para participar activamente en el desarrollo de tecnologías basadas en IA.

En el ámbito de la educación, la IA puede fortalecer la calidad educativa y ofrecer nuevas oportunidades. Según Hernández y Prats (2022), la ingeniería en IA es multidisciplinaria y puede mejorar los programas educativos a través de herramientas digitales e innovación tecnológica. La IA puede ayudar a personalizar el aprendizaje, adaptándose a las necesidades individuales de los estudiantes y proporcionando retroalimentación instantánea (Aguilar et al., 2023).

En resumen, la IA está comenzando a tener un impacto significativo en el aula de clases y en el campo de la educación en general. Sin embargo, es importante reflexionar sobre el uso ético de la IA y garantizar que se utilice de manera responsable para mejorar la calidad educativa. Además, es necesario que los profesores y educadores desarrollen competencias tecnológicas para aprovechar al máximo el potencial de la IA en el aula.

### **1.2. Uso de Inteligencia Artificial en Universidades Mexicanas**

En las universidades mexicanas, el uso de inteligencia artificial en los salones de clase ha demostrado tener un impacto positivo en el proceso educativo. El empleo de tecnologías basadas en inteligencia artificial, como los sistemas de tutoría inteligente, la evaluación inteligente del rendimiento, los agentes virtuales inteligentes, sistemas antiplagio y los chatbots humanizados, ha permitido enriquecer la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. Estas tecnologías proporcionan un apoyo personalizado y adaptativo, brindando retroalimentación inmediata, sugerencias de mejora y recursos adicionales según las necesidades individuales de cada estudiante. Además, la inteligencia artificial ha facilitado la implementación de enfoques pedagógicos más innovadores, como el uso de robots educativos en el aula, realidad virtual y gamificación. Por ejemplo, un estudio realizado por (Benavides et al., 2025) en la Universidad Nacional Autónoma de México mostró que la incorporación de inteligencia artificial generativa (IAGen) en la enseñanza de contenidos curriculares ha mejorado significativamente el rendimiento académico de los estudiantes y ha permitido una mayor retención de conocimientos.

En la siguiente sección se encuentran detalles de algunos casos de uso de IA en instituciones educativas mexicanas.

### **1.3. Casos de Uso de Inteligencia Artificial en la Educación Superior Mexicana**

La aplicación de inteligencia artificial ha sido ampliamente utilizada en la educación. En la literatura encontramos estudios que enfatizan el uso de la inteligencia artificial en la educación. A continuación se presenta lo reportado en años recientes por diversas investigaciones en el área.



En el Tecnológico Nacional, campus Los Cabos, se realizó una investigación sobre la experiencia del uso de IA para consulta de información por parte de estudiantes de educación superior, el cual arroja resultados significativos en la percepción del uso de IA por parte de los alumnos (Zataráin et al., 2025). Este estudio reveló que el 73% de los estudiantes creen que el uso de IA en sus asignaturas aumentan su rendimiento académico, y el 21.8% percibe el aprendizaje personalizado como una de sus ventajas.

Otro estudio de varias instituciones de educación superior mexicanas, incluyendo el Instituto Politécnico Nacional, sobre la Inteligencia Artificial Generativa (IAGen), encontró que la mayoría de los estudiantes acepta su uso en actividades académicas, destacando un incremento en su aprendizaje y una mejora eficiente en sus tareas (González et al., 2024). Los principales usos incluyen la generación de conocimiento (26%), la rapidez (24%) y la facilidad (18%) para realizar tareas, así como la resolución de dudas (17%). ChatGPT fue la aplicación más utilizada.

En una universidad pública del suroeste de México también se llevó a cabo un estudio con estudiantes de Tecnologías de la Información, donde el 72% de los participantes consideró que el uso de la IA en sus asignaturas aumentaría su rendimiento. Además, el 86% percibió que los asistentes virtuales inteligentes son claros y sencillos de usar (Payró et al., 2025).

En el Instituto Tecnológico de Minatitlán (TecNM), un estudio evidenció que la IA (específicamente ChatGPT y Perplexity) puede ser un recurso valioso para el aprendizaje de habilidades de programación, funcionando como un tutor virtual para contenidos técnicos complejos y permitiendo a los estudiantes obtener asistencia personalizada en tiempo real (Rasgado et al., 2024). En los resultados el 91% de los estudiantes usaron ChatGPT, manifestando que su capacidad de explicar y detallar la lógica de programación es destacable.

El Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla en Veracruz, México, un estudio exploró la integración de ChatGPT en la educación superior para impulsar la innovación educativa (Onofre et al., 2024). La investigación se enfocó en cómo ChatGPT puede mejorar la colaboración entre profesores y estudiantes y optimizar la experiencia general de aprendizaje. Los hallazgos de este estudio resaltan la efectividad de ChatGPT para facilitar intercambios dinámicos e interactivos, y para fomentar experiencias de aprendizaje personalizadas que atienden a las necesidades y preferencias individuales de los estudiantes. Esto contribuye a mejorar la visión educativa en su conjunto.

Otro ejemplo es la Universidad Virtual del Estado de Guanajuato (UVEG) que ha implementado herramientas de IA para apoyar la revisión de trabajos estudiantiles (Valtierra, 2024). Usan una tecnología de IA para detectar el plagio, proporcionando informes de resultados que muestran el porcentaje de similitud con otras fuentes relevantes. Esta aplicación automatiza una parte importante del proceso de evaluación, contribuyendo a reducir la carga administrativa y mejorando la calidad de los trabajos académicos. Sin embargo el autor hace énfasis en que no se debe depender absolutamente en esta herramienta, ya que puede cometer errores en la detección de plagio e invita a confiar en la experiencia y conocimientos del revisor con el apoyo de estas herramientas para agilizar el trabajo.

En el estudio realizado por Torres-Gómez (2024) con estudiantes de doctorado en la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATX) mostró que casi el 75% de los encuestados ya conoce herramientas de IA, siendo ChatGPT la más familiar. Estos alumnos tienen una opinión favorable sobre los beneficios que la IA podría ofrecer en la gestión y producción académica, viendo el potencial de aumentar la producción de textos académicos y facilitar tareas de investigación.

Estos estudios de caso ilustran cómo diversas instituciones de educación superior en México están aprovechando la IA para mejorar diversos aspectos de la experiencia educativa. Desde el uso de servicios comerciales como ChatGPT, IAGen, asistentes virtuales para apoyo estudiantil y detección de plagio, la IA está transformando la forma en que se enseña y se aprende en el contexto mexicano.

#### **1.4. Beneficios de la Inteligencia Artificial en el Salón de Clases**

La aplicación de inteligencia artificial en los salones de clase de universidades mexicanas ha generado diversos beneficios. Entre ellos, se destaca la personalización del proceso de enseñanza, ya que los sistemas inteligentes pueden adaptarse a las habilidades y necesidades específicas de cada estudiante. Esto permite un aprendizaje más individualizado y efectivo. Además, la inteligencia artificial facilita la evaluación adaptativa y continua, ya que los datos generados por las interacciones de los estudiantes con las herramientas de inteligencia artificial se pueden analizar y utilizar para comprender mejor el progreso individual de cada estudiante.

Además, la inteligencia artificial facilita la recopilación y análisis de datos sobre el rendimiento de los estudiantes, lo que permite a los docentes identificar áreas de mejora y ofrecer apoyo adicional de manera oportuna. Asimismo, el uso de inteligencia artificial en el salón de clases ha mejorado la interacción entre estudiantes y docentes. Esto se debe a que los sistemas inteligentes pueden ofrecer retroalimentación instantánea, responder preguntas de los estudiantes y brindar asistencia en tiempo real. Por otro lado, la inteligencia artificial también ha contribuido a fomentar la creatividad y el pensamiento crítico de los estudiantes. Esto se debe a que las tecnologías basadas en inteligencia artificial ofrecen oportunidades para resolver problemas de manera innovadora, explorar nuevas ideas y participar en actividades interactivas. En resumen, la implementación de inteligencia artificial en el salón de clases en universidades mexicanas ha demostrado ser altamente efectiva para mejorar los procesos de aprendizaje y evaluación de los estudiantes. Esta implementación ha permitido una personalización del proceso de enseñanza, adaptándose a las necesidades y habilidades individuales de cada estudiante. Además, la inteligencia artificial ha proporcionado retroalimentación inmediata y sugerencias de mejora a los estudiantes, así como recursos didácticos interactivos que promueven la creatividad y el pensamiento crítico. De igual manera, la incorporación de enfoques pedagógicos más innovadores, como el uso de bots educativos en el aula, ha estimulado la motivación y el interés de los estudiantes, creando un entorno de aprendizaje más dinámico y participativo. La implementación de inteligencia artificial en el salón de clases en universidades mexicanas ha demostrado ser altamente beneficiosa. Se espera que continúe impulsando la mejora del proceso educativo, brindando oportunidades de aprendizaje más enriquecedoras y eficientes para los estudiantes.

### 1.5. Desafíos de Implementar Inteligencia Artificial en la Educación

La integración de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación suscita interrogantes cruciales sobre el acceso a los datos de los estudiantes, la forma en que se utilizan y la protección de su privacidad. Es imprescindible asegurar la transparencia en el uso de los datos y en los algoritmos empleados, lo cual es fundamental para generar confianza y abordar preocupaciones éticas como los posibles sesgos que puedan afectar la equidad y la justicia educativa. Además, se destaca la importancia del consentimiento informado de los participantes en estudios y la necesidad de establecer políticas y directrices claras para garantizar un uso responsable y ético de estas tecnologías en el ámbito educativo (Aguilar et al., 2023)

Otro desafío importante es la recopilación y gestión ética de los datos. La IA en la educación depende en gran medida del análisis de datos de los estudiantes para ofrecer recomendaciones y retroalimentación personalizada (Al-Huwail et al., 2025). Esto plantea preguntas sobre quién tiene acceso a estos datos, cómo se utilizan y cómo se protege la privacidad de los estudiantes. Garantizar la transparencia en el uso de datos y el consentimiento informado es esencial para abordar estas preocupaciones (Kumar et al., 2025).

Además, está el desafío de la preparación y capacitación de los educadores. La integración efectiva de la IA en entornos educativos requiere que los profesores comprendan cómo utilizar estas herramientas de manera significativa en el aula (Holmes et al., 2019). Esto no solo implica habilidades técnicas, sino también la capacidad de interpretar y aplicar los resultados de la IA de manera efectiva en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Al-Huwail et al., 2025). La capacitación docente continua es esencial para abordar esta brecha de habilidades.

Como se menciona en (Hernández & Prats, 2022) un desafío crítico en la integración de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación es asegurar que, más allá de optimizar el rendimiento académico o la eficiencia de los procesos de enseñanza-aprendizaje, Esta tecnología impulse activamente el desarrollo de habilidades esenciales del siglo XXI, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y la colaboración. La IA no debe limitarse a reforzar la memorización de hechos, sino que debe fomentar un enfoque más holístico y habilidades que preparan a los estudiantes para un mundo cambiante y digital.

En resumen, implementar IA en la educación requiere abordar desafíos relacionados con la personalización y la equidad, la ética de los datos, la capacitación docente y el enfoque en habilidades del siglo XXI. Superar estos desafíos no solo mejorará la eficacia de la IA en el aula, sino que también garantizará que la tecnología beneficie a todos los estudiantes de manera equitativa y efectiva.

Aunque la IA tiene un enorme potencial para personalizar el aprendizaje y mejorar la eficiencia educativa, su integración exitosa y ética requiere abordar las desigualdades en el acceso, los sesgos en los algoritmos, la protección de la privacidad de los datos, el fomento del pensamiento crítico, la capacitación docente y el establecimiento de marcos regulatorios claros y éticos (Mac Fadden et al., 2024).

El futuro de la educación, especialmente en el ámbito universitario prevé una mayor colaboración entre humanos y sistemas de IA (Aguilar et al., 2023).

Estas tecnologías empoderan a los educadores para obtener información detallada sobre el progreso de los estudiantes en la educación de México, esto promete transformaciones significativas en la forma en que se enseña y se aprende. Una dirección clave es el desarrollo de sistemas de IA cada vez más sofisticados para personalizar la experiencia educativa de los estudiantes (Villa et al., 2024. Según Yaseen et al. (2025), las tecnologías de aprendizaje adaptativo con retroalimentación personalizada mejoran el compromiso estudiantil, especialmente cuando se considera el nivel de alfabetización digital. Estos sistemas pueden contribuir a reducir la deserción escolar al permitir la identificación temprana de problemas de aprendizaje e intervenir de manera oportuna (Mahesh Kumar et al., 2025).

Otro aspecto emocionante del futuro de la IA en la educación mexicana es su potencial para fomentar la igualdad de oportunidades. La IA puede ayudar a cerrar brechas educativas y promover la inclusión de grupos marginados mediante recursos educativos personalizados accesibles (Mac Fadden et al., 2024). Según Villa y colaboradores (2024), la Inteligencia Artificial (IA) tiene el potencial de superar las barreras de acceso a la educación, especialmente en áreas rurales y marginadas

Esto se logra al permitir la personalización del aprendizaje, lo que puede beneficiar a estudiantes con diferentes niveles de habilidades y conocimientos, y contribuir a brindar oportunidades de aprendizaje más equitativas en el sistema educativo. La falta de recursos tecnológicos y de infraestructura en estas zonas rurales y comunidades marginadas son desafíos que la IA podría ayudar a mejorar, impulsando la calidad y equidad educativa (Villa et al., 2024).

Además, la ingeniería en IA ofrece aportes significativos que fortalezcan la calidad educativa y representan oportunidades en los programas de estudio. Los educadores pueden aprovechar recursos como los sistemas de tutoría inteligentes y la evaluación automatizada de la escritura para obtener información relevante sobre el progreso de los estudiantes. Estas herramientas promueven habilidades transferibles como la colaboración, la metacognición, la resolución de problemas y la creatividad, lo que favorece el proceso de enseñanza-aprendizaje con equidad y acceso universal (Hernández & Prats, 2022).

En resumen, el futuro de la IA en la educación de México es prometedor y lleno de posibilidades. Desde la personalización del aprendizaje hasta la mejora de la igualdad de oportunidades y la colaboración humano-IA en el aula, esta tecnología tiene el potencial de revolucionar la forma en que se enseña y se aprende en el país.

## 2. Objetivos

Este estudio establece objetivos fundamentales que actúan como un punto de inflexión para investigaciones futuras más detalladas sobre esta tecnología, actualmente en sus fases iniciales de adopción y desarrollo. Estos objetivos no solo delinean el camino

para explorar el vasto potencial de la IA en contextos educativos, sino que también proporcionan una base sólida sobre la cual se pueden construir análisis más profundos y aplicaciones prácticas en el ámbito de la educación superior. Así, el presente trabajo sienta las bases para un entendimiento más amplio y una implementación efectiva de soluciones de IA que puedan transformar significativamente los procesos de enseñanza y aprendizaje, alineándose con las necesidades y desafíos contemporáneos del sector educativo.

A continuación se enumeran algunos de los objetivos generales identificados en este trabajo para futuras investigaciones.

1. Medir el impacto de la Inteligencia Artificial en la Educación Superior en México: Medir el nivel de impacto de la aplicaciones de IA que está siendo integrada en los salones de clase de las universidades mexicanas, destacando su potencial para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este objetivo implica una revisión de los avances tecnológicos y su aplicación práctica en el contexto educativo, resaltando los beneficios de personalización del aprendizaje, la mejora en la interacción estudiante-docente, y el fomento de la creatividad y el pensamiento crítico entre los estudiantes.
2. Identificar Desafíos y Consideraciones Éticas en la Implementación de la IA en la Educación Superior Mexicana: Se busca abordar los desafíos inherentes a la integración de tecnologías de IA en el ámbito educativo, incluyendo la necesidad de equilibrio entre la personalización del aprendizaje y la equidad, la gestión ética de los datos de los estudiantes, la capacitación de los educadores, y la promoción de habilidades del siglo XXI. Este objetivo subraya la importancia de una implementación responsable y ética de la IA para garantizar su eficacia y justicia en el aula.
3. Comparar Resultados de Casos de Uso de Aplicaciones de IA en Universidades Mexicanas: A través de la presentación de estudios de caso específicos, se busca ejemplificar cómo diversas instituciones de educación superior en México están utilizando la IA para apoyar a los estudiantes, mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, y optimizar la administración educativa. Estos casos sirven para ilustrar el impacto real de la IA en el ámbito educativo mexicano y destacar las prácticas innovadoras que podrían servir de modelo para otras instituciones.

### **3. Metodología**

Este estudio adopta un enfoque cualitativo-descriptivo, sustentado en una revisión sistemática de literatura científica y en el análisis documental de casos específicos sobre la implementación de tecnologías de inteligencia artificial (IA) en universidades mexicanas. El objetivo central es examinar cómo estas tecnologías se integran en los procesos educativos y analizar sus efectos en áreas clave como el aprendizaje personalizado, la participación estudiantil y los desafíos éticos y pedagógicos derivados.

#### **3.1. Diseño de investigación**

Se utilizó un diseño documental-exploratorio, adecuado para investigaciones que requieren recopilar, sistematizar e interpretar información proveniente de fuentes

secundarias especializadas. Las fuentes consideradas incluyen artículos científicos y otras publicaciones académicas que documentan experiencias, prácticas y proyectos piloto de aplicación de IA en contextos universitarios mexicanos.

### 3.2. Criterios de búsqueda y selección de fuentes

La selección de fuentes se realizó mediante una búsqueda sistemática en bases de datos académicas internacionales y regionales, tales como Google Scholar, ResearchGate, SciELO y SCISPACE. Se utilizaron combinaciones de cadenas de texto como:

- “Casos de estudio de aplicaciones de IA en universidades mexicanas (2020–2025)”
- “Inteligencia artificial en salones de clase en universidades mexicanas”
- “Uso de inteligencia artificial en educación superior en México”

### 3.3. Criterios de inclusión

Para garantizar la pertinencia y calidad del corpus documental, se establecieron los siguientes criterios de inclusión:

- Periodo de publicación: Estudios publicados entre 2020 y 2025, con el fin de asegurar la actualidad de los datos ante un campo en rápida evolución como lo es la inteligencia artificial.
- Ámbito geográfico: Investigaciones centradas exclusivamente en instituciones de educación superior en México, ya sea públicas o privadas.
- Enfoque temático: Estudios cuyo objeto de análisis sea la aplicación de tecnologías de inteligencia artificial en contextos educativos universitarios, incluyendo herramientas como ChatGPT, sistemas de evaluación automatizada, asistentes virtuales, plataformas de aprendizaje adaptativo, entre otros.
- Tipo de investigación: Se incluyeron estudios de caso empírico, exploratorios, descriptivos, evaluativos o de revisión, que documentan experiencias prácticas de implementación o percepción de uso de IA en la enseñanza-aprendizaje.
- Relevancia pedagógica: Documentos que abordan específicamente los efectos pedagógicos o formativos del uso de IA, tales como la personalización del aprendizaje, la participación estudiantil, la retroalimentación automatizada, o los aspectos éticos.
- Accesibilidad: Publicaciones con acceso completo al contenido, ya sea en revistas científicas, repositorios institucionales o plataformas de divulgación académica reconocidas.

### 3.4. Criterios de exclusión

Se excluyen de esta revisión los documentos que:

- No se relacionan con el contexto universitario mexicano, aunque traten sobre IA en educación en otros países o niveles educativos (como primaria, secundaria o formación técnica).
- Carecen de aplicación práctica o contextualización pedagógica, por ejemplo, artículos que se enfocan exclusivamente en el desarrollo técnico o algorítmico de la IA sin abordar su aplicación educativa.



- No presentan evidencia empírica o análisis fundamentado, como editoriales, ensayos de opinión o artículos que no incluyen experiencias de implementación, datos analíticos o hallazgos relevantes.
- Duplican información ya contenida en otras fuentes incluidas (versiones preliminares, resúmenes de congresos sin desarrollo completo).
- Se encuentran incompletos o sin validación editorial, como borradores sin revisión por pares o publicaciones que no han sido sometidas a procesos formales de evaluación científica.
- Están centrados exclusivamente en riesgos generales de la IA sin referirse a experiencias educativas, percepción estudiantil o dinámica didáctica universitaria.

### 3.5. Procedimiento de análisis

La información recopilada fue organizada y examinada mediante un análisis temático, que permitió categorizar los hallazgos en torno a ejes recurrentes en los estudios. Las categorías analíticas fueron:

- Personalización del aprendizaje.
- Evaluación automatizada y retroalimentación educativa.
- Interacción docente-estudiante mediada por IA.
- Desafíos éticos, equidad e inclusión digital.
- Percepción estudiantil del uso de IA en el aula.

Cada caso documentado fue analizado en función de:

- A. Las tecnologías específicas implementadas,
- B. Los beneficios identificados,
- C. Los principales retos enfrentados durante su adopción.

En la figura 1 se muestra el procedimiento usado.

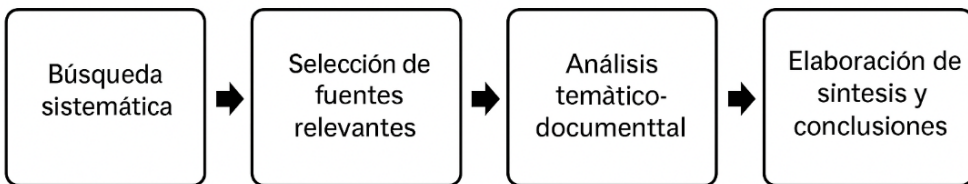


Figura 1 – Proceso Metodológico del Estudio

#### 3.5.1. Casos analizados

Se identificaron y analizaron ocho casos concretos, documentados en instituciones mexicanas reconocidas, entre las que se incluyen:

- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Instituto Politécnico Nacional (IPN)
- Tecnológico Nacional de México, Campus Los Cabos



- Instituto Tecnológico de Minatitlán (TecNM)
- Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATX)
- Universidad Pública del Suroeste de México
- Universidad Virtual del Estado de Guanajuato (UVEG)
- Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla

Las aplicaciones analizadas abarcan desde chatbots educativos y plataformas de aprendizaje adaptativo hasta sistemas automatizados de evaluación e identificación de plagio académico.

En la tabla 1 se resumen los descubrimientos realizados en los casos revisados.

| Institución                                                 | Tecnología de IA utilizada                           | Beneficios identificados                                                                     | Desafíos y limitaciones                                                  |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Tecnológico Nacional, Campus Los Cabos                      | Consulta con IA (Chatbots, buscadores inteligentes)  | Mejora en percepción del rendimiento académico (73%) y personalización del aprendizaje (21%) | Requiere alfabetización digital para su uso óptimo                       |
| Instituto Politécnico Nacional                              | Inteligencia Artificial Generativa (ChatGPT, IAGen)  | Generación de conocimiento, rapidez y eficiencia en tareas                                   | Riesgo de dependencia y uso superficial de las herramientas              |
| Universidad Pública del Suroeste de México                  | Asistentes virtuales                                 | Claridad, facilidad de uso y aumento en percepción de rendimiento académico (72%)            | Falta de orientación docente sobre el uso pedagógico de los asistentes   |
| Instituto Tecnológico de Minatitlán (TecNM)                 | ChatGPT, Perplexity                                  | Asistencia personalizada y explicación detallada en programación                             | Riesgo de respuestas incorrectas o descontextualizadas                   |
| Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla (ITSAT) | ChatGPT                                              | Mejora en la colaboración profesor-estudiante, aprendizaje personalizado                     | Necesidad de entrenamiento docente en diseño instruccional con IA        |
| Universidad Virtual del Estado de Guanajuato (UVEG)         | Software de detección de plagio (IA para evaluación) | Automatización de revisión, reducción de carga administrativa                                | Posibles falsos positivos o negativos en la detección de plagio          |
| Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)              | IA generativa en múltiples funciones académicas      | Apoyo en redacción, producción de textos, eficiencia investigativa                           | Riesgo de homogeneización de ideas, falta de pensamiento crítico         |
| Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATX)                     | ChatGPT                                              | Conocimiento generalizado de IA entre estudiantes de posgrado y alto potencial de uso        | Necesidad de lineamientos éticos e institucionales para su uso académico |

Fuente: Elaboración propia con base en Zatarain et al. (2025), González et al. (2024), Payró et al. (2025), Rasgado et al. (2024), Onofre et al. (2024), Valtierra (2024), Benavides-Lara et al. (2025), Torres-Gómez (2024).

Tabla 1 – Resumen de casos analizados sobre el uso de IA en universidades mexicanas (2020–2025)

### **3.5.2. Limitación metodológica**

Una limitación relevante de esta revisión es la posible existencia de sesgos de publicación, ya que es más probable que se documenten y publiquen experiencias exitosas o innovadoras, dejando de lado implementaciones que hayan fracasado o presentado resultados negativos. Además, se identificó una disponibilidad desigual de información según la región: las instituciones del centro y sureste del país presentan mayor número de estudios publicados, mientras que otras regiones (noroeste, norte y altiplano central) muestran menor representación, lo cual puede afectar la representatividad nacional de los hallazgos. Esta situación limita la posibilidad de generalizar los resultados a todo el sistema universitario mexicano.

### **3.5.3. Consideraciones éticas**

Dado que esta investigación se basa únicamente en el análisis de fuentes secundarias, no implicó la participación directa de personas ni la recopilación de datos sensibles. Por consiguiente, no fue necesario recurrir a un comité de ética. No obstante, se respetan rigurosamente los principios éticos de integridad académica, asegurando el uso adecuado de las fuentes, el reconocimiento de la autoría y la transparencia en la presentación de resultados.

## **4. Conclusiones**

### **4.1. La Inteligencia Artificial y el Cambio Educativo**

La integración de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación superior en México representa una evolución significativa en el paradigma educativo, ofreciendo oportunidades sin precedentes para personalizar el aprendizaje, mejorar la eficacia de los procesos de enseñanza y aprendizaje, y facilitar un acceso más equitativo a la educación de calidad. A través de los diversos casos de estudio presentados, se evidencia cómo la IA puede transformar la experiencia educativa, proporcionando herramientas que se adaptan a las necesidades individuales de los estudiantes, mejoran la retención del conocimiento y fomentan habilidades críticas necesarias en el siglo XXI. La capacidad de la IA para analizar grandes volúmenes de datos y ofrecer retroalimentación personalizada en tiempo real es fundamental para este cambio, permitiendo a los educadores entender mejor y responder a las necesidades de aprendizaje de cada estudiante, promoviendo así un entorno de aprendizaje más inclusivo y accesible.

Sin embargo, la adopción de la IA en la educación también plantea desafíos significativos que deben abordarse cuidadosamente para asegurar que su implementación sea ética, equitativa y efectiva. Es crucial desarrollar estrategias para garantizar la privacidad y seguridad de los datos de los estudiantes, así como para proporcionar la capacitación necesaria a los educadores para que puedan integrar efectivamente estas tecnologías en sus prácticas pedagógicas. Además, es importante considerar cómo la IA puede complementar, pero no reemplazar el papel esencial del educador, asegurando que la tecnología se utilice para enriquecer la interacción humana en el proceso de aprendizaje, no para sustituirla. Mirando hacia el futuro, la continua colaboración entre instituciones educativas, desarrolladores de tecnología y partes interesadas en la educación será

esencial para explorar el potencial completo de la IA en la educación, abordando estos desafíos y abriendo camino hacia una educación más personalizada, accesible y de alta calidad en México.

## Referencias

- Aguilar, G. M. F., Gavilanes, D. C. A., Freire, E. M. A., & Quincha, M. L. (2023). Inteligencia artificial y la educación universitaria: Una revisión sistemática. *Magazine de las ciencias: Revista de Investigación e Innovación*, 8(1), 109-131. DOI: <https://doi.org/10.33262/rmc.v8i1.2935>
- Al-Huwail, N., Al-Hunaiyyan, A., Alainati, S., & Alhabshi, A. (2025). Artificial Intelligence in Education: Perspectives and Challenges. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 19(4). DOI: [10.3991/ijim.v19i04.52117](https://doi.org/10.3991/ijim.v19i04.52117)
- Benavides-Lara, M., Cazales, V. J. R., Rivas, N. E., Hernández, A. M. D. P. M., & Mendiola, M. S. (2025). Presencia y uso de la inteligencia artificial generativa en la Universidad Nacional Autónoma de México. *Revista Digital Universitaria*, 26(1).
- Castillejos López, B. (2022). Inteligencia artificial y entornos personales de aprendizaje: atentos al uso adecuado de los recursos tecnológicos de los estudiantes universitarios. *Educación*, 31(60), 9-24. DOI: <https://doi.org/10.18800/educacion.202201.001>
- González, M. H., Quiroz, J. M. R., Maciel, F. J. C., & Cázares, M. D. C. T. (2024). Ventajas y riesgos de la Inteligencia Artificial Generativa desde la percepción de los estudiantes de educación superior en México. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-19.
- Hernández, F. S., & Prats, G. M. (2022). Aportes de ingeniería en inteligencia artificial aplicada en la educación. 3 c TIC: cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC, 11(1), 133-143. DOI: <https://doi.org/10.17993/3ctic.2022.111.133-143>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial intelligence in education promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign. DOI: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10139722>
- Mac Fadden, I., García-Alonso, E. M., & López Meneses, E. (2024). Science Mapping of AI as an Educational Tool Exploring Digital Inequalities: A Sociological Perspective. *Multimodal Technologies and Interaction*, 8(12), 106. DOI: <https://doi.org/10.3390/mti8120106>
- Mejías, M., Guarate Coronado, Y. C., & Jiménez Peralta, A. L. (2022). Inteligencia artificial en el campo de la enfermería. Implicaciones en la asistencia, administración y educación. *Salud, Ciencia y Tecnología*, 2, 88. DOI: <https://doi.org/10.56294/saludcyt202288>
- N.B. Mahesh Kumar, T. Chithrakumar, T. Thangarasan, J. Dhanasekar, & P. Logamurthy. (2025). AI-Powered Early Detection and Prevention System for Student Dropout Risk. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, 11(1). DOI: <https://doi.org/10.22399/ijcesen.839>

- N.B. Mahesh Kumar, T. Chithrakumar, T. Thangarasan, J. Dhanasekar, & P. Logamurthy. (2025). AI-Powered Early Detection and Prevention System for Student Dropout Risk. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, 11(1). DOI: <https://doi.org/10.22399/ijcesen.839>
- Onofre, P. J., Hinojos, J. M. O., Morales, G. R., Ávila, E. M., Leal, A. F., & Jimenez, B. A. (2024). Educational innovation in Mexico: Enhancing learning with artificial intelligence, applying ChatGPT in higher education institutions, professor-student collaboration. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 6210-6228. DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i3.11819](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11819)
- Payró, M. P. S., de la Rosa, R. M., & Romero, R. C. (2025). La Inteligencia Artificial y los asistentes virtuales: uso e incidencia en el aprendizaje y en el desarrollo de proyectos de estudiantes de pregrado y posgrado en una Facultad del sureste de México. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 1-20.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 2: Do they really think differently?. *On the horizon*, 9(6), 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1108/10748120110424816>
- Rasgado, G. J., Francisco, R. A., & Valdés, M. E. E. (2024). Innovación con IA en educación superior: Experiencia de aprendizaje de programación en el instituto tecnológico de Minatitlán. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(6), 2501-2515. DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i6.15029](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15029)
- Torres-Gómez, A. (2024). Necesidades de información y percepción sobre las herramientas de inteligencia artificial en estudiantes de doctorado en investigación educativa en Tlaxcala, México. *Investigación bibliotecológica*, 38(98), 79-98.
- Valtierra, J. A. (2024). Integrando la inteligencia artificial en el contexto del bachillerato virtual de la Universidad Virtual del Estado de Guanajuato. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 16(31).
- Villa, R. N. C., Ramírez, S. M. A., & Hernández, B. L. M. (2024). Transformando la Educación en México:: La Inteligencia Artificial como Motor para el Desarrollo de Competencias. *RILCO DS: Revista de Desarrollo sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación*, 6(52), 1-10.
- Yaseen, H., Mohammad, A. S., Ashal, N., Abusaimeh, H., Ali, A., & Sharabati, A. A. A. (2025). The Impact of Adaptive Learning Technologies, Personalized Feedback, and Interactive AI Tools on Student Engagement: The Moderating Role of Digital Literacy. *Sustainability*, 17(3), 1133. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17031133>
- Zatarain, V. B. N., Lizárraga, M. G. B., & Zatarain, J. M. N. (2025). Experiencia de uso de la inteligencia artificial en la educación superior: caso Tecnológico Nacional de México. *Revista Especializada en Investigación Jurídica*, (16), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.20983/reij.2025.1.9>



## Critérios Editoriais

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

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

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

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

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

## Criterios Editoriales

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

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

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

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

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



Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação  
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

©RISTI 2025 <http://www.risti.xyz>

