

*Fabrcio Moraes de Almeida
(Organizador)*

Engenharia de computaço

*com foco em qualidade, produtividade
e inovaço tecnol3gica*



*Fabrcio Moraes de Almeida
(Organizador)*

Engenharia de computaço

*com foco em qualidade, produtividade
e inovaço tecnol3gica*



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2024 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2024 O autor

Copyright da edição © 2024 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelo autor.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo da obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do autor, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos ao autor, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Os manuscritos nacionais foram previamente submetidos à avaliação cega por pares, realizada pelos membros do Conselho Editorial desta editora, enquanto os manuscritos internacionais foram avaliados por pares externos. Ambos foram aprovados para publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
 Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Colégio Militar Dr. José Aluisio da Silva Luz / Colégio Santa Cruz de Araguaina/TO
 Profª Drª Cristina Aledi Felsemburgh – Universidade Federal do Oeste do Pará
 Prof. Dr. Diogo Peixoto Cordova – Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul
 Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
 Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
 Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
 Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
 Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Dr. Hauster Maximiler Campos de Paula – Universidade Federal de Viçosa
 Profª Drª Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco
 Profª Drª Jéssica Barbosa da Silva do Nascimento – Universidade Estadual de Santa Cruz
 Profª Drª Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
 Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
 Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
 Prof. Dr. Leonardo França da Silva – Universidade Federal de Viçosa
 Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
 Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
 Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira – Universidade Federal do Espírito Santo
 Profª Drª Maria Iaponeide Fernandes Macêdo – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
 Profª Drª Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas
 Profª Drª Mariana Natale Fiorelli Fabiche – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
 Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes
 Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
 Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
 Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense
 Profª Drª Priscila Natasha Kinas – Universidade do Estado de Santa Catarina
 Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
 Prof. Dr. Rafael Pacheco dos Santos – Universidade do Estado de Santa Catarina
 Prof. Dr. Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá
 Profª Drª Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro
 Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Engenharia de computação com foco em qualidade, produtividade e inovação tecnológica

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Jeniffer dos Santos
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Fabrício Moraes de Almeida

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

| | |
|---|--|
| E57 | Engenharia de computação com foco em qualidade, produtividade e inovação tecnológica / Organizador Fabrício Moraes de Almeida. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-2895-4 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.954242111 1. Engenharia de computação. I. Almeida, Fabrício Moraes de (Organizador). II. Título. CDD 621.39 |
| Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166 | |

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Para fins desta declaração, o termo 'autor' será utilizado de forma neutra, sem distinção de gênero ou número, salvo indicação em contrário. Da mesma forma, o termo 'obra' refere-se a qualquer versão ou formato da criação literária, incluindo, mas não se limitando a artigos, e-books, conteúdos on-line, acesso aberto, impressos e/ou comercializados, independentemente do número de títulos ou volumes. O autor desta obra: 1. Atesta não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação à obra publicada; 2. Declara que participou ativamente da elaboração da obra, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final da obra para submissão; 3. Certifica que a obra publicada está completamente isenta de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação da obra publicada, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. A editora pode disponibilizar a obra em seu site ou aplicativo, e o autor também pode fazê-lo por seus próprios meios. Este direito se aplica apenas nos casos em que a obra não estiver sendo comercializada por meio de livrarias, distribuidores ou plataformas parceiras. Quando a obra for comercializada, o repasse dos direitos autorais ao autor será de 30% do valor da capa de cada exemplar vendido; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), a editora não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como quaisquer outros dados dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Continuamente, o avanço do desenvolvimento da computação quântica, Nanociências e Nanobiotecnologia, são algumas das tendências da maximização da inovação e da Engenharia de Computação em amplo espectro, com impactos para tecnologia nanométrica dos dispositivos, desenvolvimento dos mecanismos de transformação de energia, aplicações computacionais militares e aeroespacial, sistemas embarcados e robótica, análise e desenvolvimento de softwares para aplicações nos negócios e diversos outros setores.

Por efeito de diferentes lentes, no livro, são demonstradas várias fundamentações teórico-práticas nos resultados obtidos pelos vários autores e coautores na elaboração de cada capítulo. Além disso, a Atena Editora oferece a divulgação técnico-científica com excelência, essencial para garantir o destaque entre as melhores editoras.

Fabício Moraes de Almeida

Dr. Professor do Departamento de Engenharia Elétrica - DEE/UFRO.

CAPÍTULO 1 1**PROTOTYPE OF AUTONOMOUS RESCUE DIVING DEVICE IN TURBID WATERS**

Islândio Dantas Chaves
 David Lopes Maciel
 Carlos Alberto Paraguassú-Chaves
 Viviane Barrozo da Silva
 Paulo de Tarso Carvalho de Oliveira
 Antonio Carlos Duarte Ricciotti
 Geraldo de Magela Carvalho de Oliveira
 Fabrício Moraes de Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9542421111>

CAPÍTULO 2 18**PROTÓTIPO DE SOFTWARE WEB DE APOIO AO CONTROLE ACESSO AO REFEITÓRIO COM FOCO NA INTERFACE DO USUÁRIO**

Bruno Marques de Vasconcelos
 Fabiann Matthaus Dantas Barbosa
 Joethe Moraes de Carvalho
 Gabriel Pinheiro Compto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9542421112>

CAPÍTULO 3 34**DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA INTEGRADA PARA ANÁLISE DE DADOS COM SUPORTE DE IA: UM ENFOQUE EM ASSISTÊNCIA À DECISÃO E VISUALIZAÇÃO DINÂMICA**

Saile Santos da Costa
 Fabiann Matthaus Dantas Barbosa
 Gabriel Pinheiro Compto
 Kleverton dos Santos Cabral

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9542421113>

CAPÍTULO 4 53**AVALIAÇÃO DE MÉTRICAS DE USABILIDADE E UX EM APLICATIVOS DE TRANSPORTE PÚBLICO: UM ESTUDO DE CASO DO ‘CADÊ MEU ÔNIBUS’**

Esther Santos do Nascimento Lemos
 Fabiann Matthaus Dantas Barbosa
 Joethe Moraes de Carvalho
 Kleverton dos Santos Cabral

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9542421114>

CAPÍTULO 5 68**E-COMMERCE DE PRODUTOS REGIONAIS AMAZÔNICOS: UMA FERRAMENTA QUE UNE DESENVOLVIMENTO MOBILE COM FOCO NA INTERFACE DE USUÁRIO E UX**

Vitória Beatriz dos Santos Maciel
 Fabiann Matthaus Dantas Barbosa

Kleverton dos Santos Cabral

Gabriel Pinheiro Compto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9542421115>

CAPÍTULO 683

APLICAÇÃO DA ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS PARA MONITORAMENTO DE QUEIMADAS NA AMAZÔNIA LEGAL: ESTRATÉGIAS PARA O GERENCIAMENTO PREVENTIVO DE RISCOS AMBIENTAIS

Carlos Vinícius Monteiro de Souza

Fabiann Matthaus Dantas Barbosa

José Elislande Breno de Souza Linhares

Joethe Moraes de Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9542421116>

CAPÍTULO 799

TECNOLOGIA BLUETOOTH: UMA ANÁLISE SOBRE A VISÃO GERAL E INTRODUÇÃO AO FUTURO DO BLUETOOTH 6.0

Gabriel Costa Cardoso

Fabiann Matthaus Dantas Barbosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9542421117>

SOBRE O ORGANIZADOR110

ÍNDICE REMISSIVO 111

PROTOTYPE OF AUTONOMOUS RESCUE DIVING DEVICE IN TURBID WATERS

Data de submissão: 22/10/2024

Data de aceite: 01/11/2024

Islândio Dantas Chaves

Sub-lieutenant of CBM – RO. Electrical Engineer - Federal University of Rondônia, Porto Velho – RO, Brazil (UFRO).

David Lopes Maciel

Me. Academic of the Doctoral Program in Regional Development and Environment (PGDRA/UFRO). Porto Velho – RO, Brazil.

Carlos Alberto Paraguassú-Chaves

Dr. Professor at the University Institute of Rio de Janeiro, IURJ, Rio de Janeiro – RJ, Brazil.

Viviane Barrozo da Silva

Dra. Professor of the Department of Electrical Engineering - Federal University of Rondônia. Porto Velho – RO, Brazil.

Paulo de Tarso Carvalho de Oliveira

Me. Professor of the Department of Electrical Engineering - Federal University of Rondônia. Porto Velho – RO. Brazil.

Antonio Carlos Duarte Ricciotti

Dr. Professor of the Department of Electrical Engineering - Federal University of Rondônia. Porto Velho – RO, Brazil.

Geraldo de Magela Carvalho de Oliveira

Esp. Professor at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rondônia – IFRO. Porto Velho – RO, Brazil.

Fabício Moraes de Almeida

Dr. Professor of the Department of Electrical Engineering - Federal University of Rondônia. Porto Velho – RO, Brazil.

ABSTRACT – Development of a prototype (Autonomous Rescue Diving Aid Sensor in Murky Waters) aimed at being used as a safety tool for rescue dives in the Western Amazon, utilizing electronic components and compatible programming language.

KEYWORDS: Sensor, Diving Aid, Murky Waters in the Western Amazon.

PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO DE MERGULHO DE RESGATE AUTÔNOMO EM ÁGUAS TURVAS

RESUMO – O capítulo do livro apresenta o desenvolvimento de um protótipo (Sensor de Auxílio ao Mergulho de Resgate Autônomo em Águas Turvas) com a finalidade de ser utilizado como uma ferramenta de

segurança para mergulhos de resgate na Amazônia, utilizando componentes eletrônicos e linguagem de programação compatível.

PALAVRAS-CHAVE: Sensor, Auxílio ao mergulho, Águas turvas. Amazônia.

1 | INTRODUCTION

The present work shows the difficulties and characteristics of diving in murky waters, considering that diving throughout its evolution has been developing equipment which has increasingly enabled the diver to reach greater depths with greater safety. The rescue dive at CBMRO (Military Fire Department of the State of Rondônia) is carried out in waters with little or no visibility, such as the Madeira River, the largest tributary of the Amazon River and which bathes Porto Velho, Rondônia, Western Amazon.

CBMRO trains its divers through a CMAUT specialization course (scuba diving course), which in today's reality uses diving equipment which does not require the diver to visually monitor its depth and the amount of gas available in its independent diving cylinder (without external means of gas supply using gas supply stored inside the cylinders), without visualizing these instruments that are depth gauges (measures the current depth of the dive) and pressure gauge (pressure inside the cylinders that are converted to dive time limit), the diver is at the mercy of unreliable techniques of safety parameters to perform his rescue dive, and he may run out of gas inside his cylinders and go into apnea (absence of air in the lungs), at any time.

The technical and scientific relevance of the creation of an autonomous rescue diving aid device in murky waters is evident, which will provide the diver with the monitoring of his diving depth limit (diving depth limit is directly proportional to the gas consumption of the cylinders, that is, the deeper the dive, the greater the gas consumption) through vibration sensors, since it will not have visibility of these conventional instruments. The monometer and depth meter, makes the rescue dive safe.

2 | METHODOLOGY

Experimental research was used, which essentially consists of determining an object of study, selecting the variables capable of influencing it and defining the forms of control and observation of the effects that the variable produces on the object.

After an analysis of the problem of the theme, research on the Madeira River began, to know its peculiarities and characteristics that could use a device that worked perfectly in these conditions, with these data, the search for a sensor that met the required needs was started, a manufacturing company was found that made the sensor according to the required parameters, The Holykell company. In this way, we started to assemble the circuit on the protoboard and we started the code, in the first tests, a buzzer was used as an indicator of sensor functionality, so every time the sensor was activated, the buzzer rang.

After the circuit and code were working, the prototype was field tested as it was still necessary to calibrate the sensor in the code.

With everything going as expected in the field tests, the circuit was assembled on the printed board.

3 | DEVELOPMENT

3.1 Evolution of diving and its equipment

The sea, encompassing and cutting continents, occupying two-thirds of the earth's surface with depths of the most varied reaching 11,000 meters (Mariana Trench - Pacific), which would allow you to immerse the highest peak in the world - Mount Everest with 8,845 meters. With its abundant fauna and flora, it is characterized as a good source of food, work and leisure, it has influenced the life of man in an important way, since the most remote times of his existence.

Archaeological discoveries show evidence that man's first contact with the aquatic environment took place in prehistory, probably in the Paleolithic period. Man used wooden harpoons to hunt fish that were part of his diet, as proven by the finds of inscriptions and skeletons ornamented with marine objects found in caves that were inhabited at that time.

The Cretan civilization (3,000 to 1,400 years BC) used the sea as the main source of its economy.

References to the first dives date back to a few hundred years before Christ, with sponge and mollusk fishermen. During some wars, already at that time, there were divers with rudimentary equipment or without it, who sabotaged enemy vessels. In Homer's Iliads (750 B.C.), there are mentions of divers who fished in the sea by diving with harpoons.

A Greek story, related by Herodotus (460 BCE) involves a warrior who fought in the naval wars. Silas, who was a popular Greek, was considered a hero for his brilliant performance in capturing Persians under Xerxes and forcing them to work aboard his ships. It is said that the Persians planned a surprise attack on the Greek ship Artemisium, and during the night, Silas jumped by means of cables to the Persian ship surrendering all the crew members. The story goes that he swam a great distance underwater until he hit a Persian ship. He was considered a hero of that time.

Certainly the first underwater breathing apparatus was devised in 900 BC by the Assyrians. It consisted of an air pocket attached by straps to the diver's body and connected to his mouth through a tube. It was probably made of leather. Some scholars think it was used as a buoy, others as a diving implement.



Figure 1: First underwater breathing apparatus by the Assyrians

Source: Army Diving Course Manual, 2012

Leonardo da Vinci devised some types of underwater breathing apparatus. Most of them had in common a tube that connected the diver to the surface. He also designed diving costumes, masks and helmets. These inventions were unsuccessful, but they served as the basis for the advent of other technically feasible devices.

Probably, the first closed-circuit device was devised by the Italian astronomer and mathematics professor, Giovanni Borelli, in 1680. This device basically consisted of a large air pocket, with a glass window in its front part, which housed the diver's head. The air in the bag was breathed, but it did not pass through any kind of filter, which led to a major inconvenience, the rapid and progressive increase in the concentration of carbon dioxide in the bag of the device, making it unviable. In addition to the air pocket, the diver drove a cylinder with a piston in order to adjust his balance in the water.

In 1715, the Englishman John Lethbridge devised a type of rigid diving suit that consisted of a wooden cylinder, similar to a barrel, sealed.

The diver entered through a hatch located in the front of the device and lodged himself lying on his stomach. There were two holes for the placement of the upper limbs, which were on the outside of the device, and a porthole to allow the visualization of the underwater environment. It was supplied with air through a bellows located on the surface. There are reports that his device would have reached a depth of 20 meters and even carried out several successful works.

Based on Lethbridge's rigid diving suit, Fréminet (1772) and Kingert (1797) developed other types of rigid diving suits, which allowed greater mobility to the diver, as the legs were free allowing the diver to walk on the bottom, but maintained the same characteristic of Lethbridge's diving suit - the dependence on an air source on the surface.

In 1808, Yon Freiderich Drieberg, invented the Triton, a bellows device in a box attached to the diver's back by means of straps, which supplied compressed air to the diver. The greatest contribution of this invention was to show that compressed air could be used

to breathe in water.

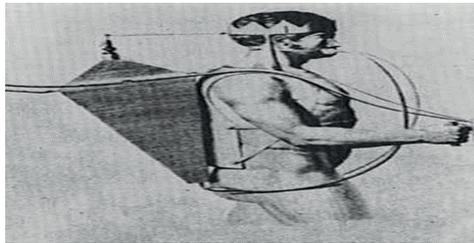


Figure 2: Triton, a bellows device in a box attached to the diver's back

Source: Army Diving Course Manual, 2012

In 1819, the German Augustus Siebe, founder of Siebe Gorman & Co. of London, perfected the existing open helmet, adapting it to a suit that went up to the diver's waist, giving rise to his first open dress, where air entered through the helmet and exited through the waist. This suit had a drawback: if the diver lowered his head or bent the water he could flood the helmet.

Later, in 1837, Siebe developed his closed dress, which consisted of the same helmet as the previous one, adapted to a one-piece, completely watertight suit. The advantage of this type was to provide greater safety to the diver, because if he bent or even turned upside down, he would not present the same danger as the previous one. The Siebe diving suit was widely used, especially in the rescue of the English ship Royal George, which sank in 1782.

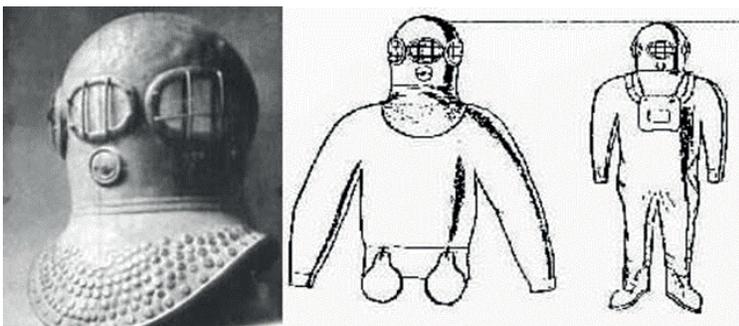


Figure 3: Sieb's diving suit

Source: Army Diving Course Manual, 2012

Later this equipment was improved, with new intake and air exhalation valves, even using a communication system. It is used nowadays only as a hobby, as its use in underwater work is outdated.

A few years later, the first scuba diving equipment appeared in France. Created by Rouquayrol and Denayrouze, this equipment could be used with or without a full-face metal mask. Air could be supplied through a hose from the surface (dependent mode) or, in

shorter, shallower dives, carried by the diver himself in small cylinders (autonomous mode). Although the first prototype of Rouquayrol and Denayrouze was built in 1872, a French museum has in its collection a production model manufactured shortly afterwards and still in working condition.



Figure 4: First autonomous equipment

Source: Army Diving Course Manual, 2012

In 1866, Benoist Rouquayrol developed an air demand regulator for use in a diving cylinder. SELF – Contained Underwater Breathing Apparatus (SCUBA) was born. This equipment had the problem of the high pressure air supply being greatly reduced.

In 1917 the U.S. Bureau of Construction & Repair First began using the Mark V diving helmet. This equipment was connected to an umbilical cable, which allowed work to be carried out in deep waters. The Mark V became a very efficient and used diving tool for decades, being replaced only in 1980 by the MK 12 helmet.

In 1920, research began for mixtures of helium and oxygen to be used in deep dives. In 1924 the U.S. Navy performed the first experimental dives using Heliox.

In 1925 the French officer, Commander Le Prieur developed an autonomous apparatus that used atmospheric air in contrast to that of Fleuss and Davis that used pure oxygen. Air breathing allowed divers to reach greater depths and stay there longer without the risks of oxygen poisoning.

Le Prieur's apparatus consisted of a high-pressure cylinder containing compressed air inside, attached to the diver's body. It had a manual airflow control valve that was connected to a face mask through a hose. As you descended, it was necessary to open this valve wider. This device was widely spread, being used even in the pools of the great clubs of Paris by the nobles and the bourgeoisie as a means of entertainment.



Figure 5: La Prieur apparatus

Source: MAMEDE, 2013

With the advent of this device, man took the first step to abandon the heavy diving suits and free himself from the “umbilical cord” that connected him to the surface, allowing greater freedom of action and swimming in any direction, in contrast to the heavy diving suits in which man was almost anchored to the bottom.

Le Prieur’s device had a serious problem: the air pressure reduction valve was a continuous flow, causing the air to go straight to the middle without being breathed, thus wasting considerable air contained in the device, resulting in less autonomy.

In 1938, Edgar End and Max Nohl performed the first saturation dive. This dive lasted twenty-seven hours at a pressure equivalent to 101 meters deep, and was conducted in the hyperbaric chamber of Milwaukee Hospital, USA. His decompression lasted five hours and Nohl was stricken with decompression sickness.

In 1943, Captain J.Y. Cousteau and compressed gas specialist Emile Gagnan, who at the time was studying gas valves for vehicles, developed and perfected the first diving regulator, thus providing better performance to the diving cylinders.

Currently there are several types and models of equipment, all based on the Le Prieur cylinder and the Cousteau-Gaggan pressure regulator.

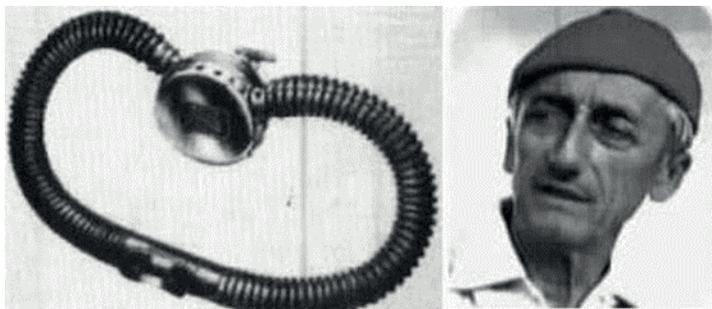


Figure 6: Cousteau-Gagnan pressure regulator

Source: Army Diving Course Manual, 2012

In Brazil, the beginning of diving probably took place during the construction of the Pharus wharf (Praça XV - RJ) at the time of the Empire, continuing the construction of the Gamboa and São Cristovão wharves by French firms, the pier of Praça Mauá (1945), the Ore Wharf (1949) and the old Coal Wharf (1960) by American firms (Christiane Nielsen and others), where they still wore the “Hoof Diving Bells” (Siebe - closed suit).

However, in 1958 the first totally national firm focused exclusively on underwater activities emerged: EBOS - Brazilian Company of Underwater Operations, acting as a pioneer in the demolition of the stones of Aracaju in the Carvoeiro Henrique Laje port in Ibituba, Santa Catarina.

Amateur diving activities began in the forties, when some pilots of the former PANAIR (commanders Edú and Lefèvre), brought diving equipment from abroad, contributing, above all, to the development of spearfishing. This activity had a great boost in the fifties with the creation of several clubs, teams and the foundation of the Brazilian Association of Spearfishing (ABCS), which promoted in 1959 the international championship of spearfishing in Angra dos Reis (RJ).

In the early 80s, professional diving got a great boost thanks to Petrobras, with its oil prospecting in the Campos basin and on the coast of Espírito Santo, even performing the deepest dives ever made for the execution of underwater work with divers (350 meters).

Also in the 80's, with resources from Petrobras, the largest hyperbaric center in Latin America was created, located at the Almirante Castro e Silva Naval Base, on Mocanguê Island, RJ, (Ministry of the Navy) with the objective of research in the area of diving.

Currently, in first world countries, despite investing heavily in research in the area of medicine and physiology of diving, there is a tendency not to expose man to greater and greater depths due to the high risk of operations, in addition to generating serious labor problems. This certainly explains the fact of the growing development of research in the field of the creation of robots and submersibles, including in Brazil.

In Brazil, diving activities were initially developed, more specifically in the Navy, mainly around the activities of repairs to vessels and deactivation of explosive devices, when personnel specialized in torpedoes and mines received specific diving instructions. Important services were performed by military divers, and that military force, for a long time, was the only entity capable of carrying out work in the sector.

Nowadays, the activity of diving is increasingly specialized in the military environment, with several branches of diving, such as scuba diving, deep diving, combat diving, rescue diving, etc.

In the civilian environment, oil prospecting and scientific activities gave rise to a real technological race. This race, which is worldwide, has led man to progress that, until very recently, was impossible to imagine.

3.2 Development of the scuba rescue diving aid device in murky waters

The hydrographic network of Rondônia is represented by the Madeira River and its tributaries, which form eight significant basins: Guaporé Basin, Mamoré Basin, Abunã Basin, Mutum-Paraná Basin, Jacy-Paraná Basin, Jamari Basin, Ji-Paraná Basin and Aripuanã Basin. The Madeira River, the main tributary of the Amazon River, is 1,700 km long in Brazilian territory and has an average flow of 23,000 m³ per second. It is formed by the Guaporé, Mamoré and Beni rivers, originating from the Andean plateaus, and has two distinct stretches in its course, called Upper and Lower Madeira.

The Madeira River has one of the highest sediment loads in the world, with about half of the total sediment in the Amazon River being contributed by this tributary (Meade, 1994; Filizola & Guyot, 2009). At the Jirau dam site, the Madeira River transports 2.1 million tons of sediment per day (PCE, 2004 e 2005).



Figure 7: Madeira River

Source: from the survey, 2018/2022

Next we have figure 8, which presents the composition of the Amazon basin with its tributaries.

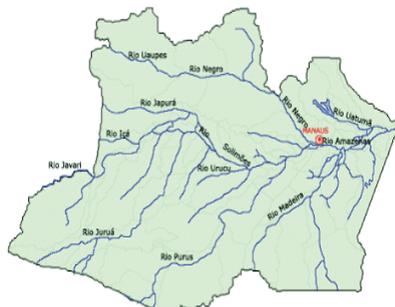


Figure 08: Amazon Basin

Source: <http://sosriosdobrasil.blogspot.com/2008/11/ibama>, 2018

In recent years, Rondônia has stood out in the Brazilian tourist scene, attracting visitors from different regions of the country. The lush natural beauty of the Amazon region, combined with the growing popularity of sport fishing, has been a major draw for tourists. Previously dominated by men, sport fishing in Rondônia now conquers entire families, who enjoy moments of leisure and excitement in the waters of the local rivers. This transformation reinforces Rondônia's position as one of the main destinations for sport fishing in Brazil.

"In recent years, tourism has given prominence to the state and attracted visitors from all parts of Brazil to Rondônia. In addition to the natural beauties characteristic of the Amazon region, sport fishing has been the main attraction for these tourists". But if before it was only men who risked themselves in the waters of the Rondônia rivers, today entire families enjoy moments of leisure and excitement and the main reference of fishing in Rondônia" PERIN, Giliane, Ariquemes news available at: < <http://www.ariquemesnoticias.com.br/noticia/2014/06/23/turismo-em-rondonia-cresce-com-a-pesca-esportiva.html>> accessed on: July 24, 2024)

The population uses this hydrographic potential of the State of Rondônia in the form of entertainment, both for sport fishing and for their leisure, there is a large number of people who frequent these places, which in themselves have a high risk of accidents, which has been proven by the drowning rates in the State.

With the implementation of major infrastructure works in the municipality of Porto Velho, such as the construction of the Madeira River hydroelectric power plant complex, in recent years there has been a demographic surge in the capital. This demographic growth has also contributed to the increase in fatalities, such as drowning accidents.

The depth gauge is an instrument for measuring the depth at which the diver is submerged, and can be measured in meters (metric system) or feet (imperial system).

The monometer will measure the instantaneous pressure inside the cylinders, which will be converted to the amount of gas available to divers, "A diver without a pressure gauge is the same as driving a car on a deserted road without a fuel gauge" (Corazza, Permanent Editions, 2014). Modern pressure gauges are very clear in scale and have good visibility in low light conditions.

These two pieces of equipment described above are extremely important to develop the diving activity, since it is necessary to know the pressure reading of the diving cylinder because this is what will inform how much gas is left for the diver to breathe and the exact depth of the diver because he has a depth limit to perform scuba diving that is directly proportional to the amount of gas used in diving.



Figure 09: Diving depth gauge and manometer

Source: <https://www.lojamundosub.com.br/profundímetros/203-manómetro-e-profundímetro-mergulho-seasub-bar.html>, 2018

Currently, CBMRO has approximately 114 (one hundred and fourteen) Autonomous Rescue Divers in its military staff, for the entire State of Rondônia. Currently, CBMRO has 15 (fifteen) Operational units, two of which are in the capital and the remaining 13 (thirteen) are available, one in each municipality of the State of Rondônia.

The CBMRO scuba diver course, called CMAUT, aims to train military autonomous rescue divers, with technical training to work in rescues and rescue in freshwater locations up to 30 (meters) deep, in murky waters with little or no visibility, which is a characteristic of the rivers of the Amazon basin, where more than 80% of the rivers in our region are of waters with little or no visibility, requiring the use of appropriate equipment. The table below presents the average cost of the equipment needed to perform a dive.

| Equipment | Average value (R\$) |
|-------------------|---------------------|
| Fin | 200,00 |
| Mask | 50,00 |
| Snorkel | 20,00 |
| Neoprene clothing | 500,00 |
| Waistcoat | 1.500,00 |
| 1st and 2nd Stage | 2.000,00 |
| Depth Gauge | 700,00 |
| Hoses | 500,00 |
| Cylinders | 1.500,00 |
| Dive knife | 100,00 |
| Neoprene glove | 70,00 |
| Neoprene sock | 70,00 |
| Lantern | 350,00 |
| Total | 7.560,00 |

Table 1: Cost of Diving Equipment

Source: from the survey, 2018/2022

The Madeira River is considered to be difficult to dive, it was classified by the renowned French diver Jacques Cousteau, and it is impractical to dive in its waters.

The CBMRO to form a course for scuba divers requires: 45 (forty-five) days of training, provide more than 20 (twenty) instructors distributed in 20 (twenty) curricular components (disciplines) adding up to a workload: 365 hours of class.

Scuba diving equipment is developed so that the diver has visibility in his diving environment, constantly monitoring his guidance instruments and analyzing diving parameters such as depth, residual pressure in the cylinder and reserve regulator.

The diving developed in our region, due to the characteristics of the rivers of the Amazon basin, does not allow divers to visualize any instrument or equipment, thus making it almost unfeasible to practice diving in the region, because the diver will have no way of knowing his depth limit or how much compressed air is left in his cylinder, this being its main safety instrument because without it the diver goes into apnea (absence of ventilation in their lungs), having only the limit of residual air in their lungs to reach the surface until they exchange air with the atmosphere.

When there is an incident or accident involving people in the aquatic environment, such as drownings in rivers in our region, rescue divers are immediately called to locate and rescue the victim's body, regardless of the characteristics of the river waters. With this, making it a function of unique characteristics, since the same with little or no safety in his dive, will perform it in favor of his function, as there is no price that pays the delivery of a loved one to his family so that they can perform their last tributes and farewell.

However, after analyzing this problem, it was noted the need to create an electronic device: Autonomous Rescue Diving Aid Sensor in Turbid Waters in the Western Amazon, which will assist in the orientation and reading of parameters in dives developed in the Amazon region. The device will work as follows: Before the diver develops his activities, he will place it attached to his arm, through a neoprene strap which goes inside a device, working as follows.

At each meter in aquatic submersion, it will read the depth and when it reaches the pre-established depth limit, the device will emit a vibration signal on the diver's arm, which will know at what depth it will be through this signal that will be pre-established with the diver, for example: The diver will perform a dive and defines that his limit in that dive will be 20 (twenty) meters, so the diver will want the device to signal when it reaches 20 (twenty) meters. Thus making a safer dive.

3.3 Materials

The following materials were used in the construction of the prototype and in the performance of the tests.

- 01 (one) LM35 temperature sensor;



Figure 11: LM35 temperature sensor

Source: https://www.google.com.br/search?q=sensor+de+temperatura1NHXL_pt, 2018

- 01 (one) HPT604 pressure sensor;



Figure 12: HPT604 Pressure Sensor

Source: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Holykell-OEM-HPT604-Hot-Electronic-Analog-60306012459.html>, 2018

- 01 (one) vibration sensor;



Figure 13: Vibration Sensor (Shaft Offset Motor)

Source: https://www.google.com.br/search?q=sensor+de+temperatura+LML_pt, 2018

- 01 (one) buzzer;



Figure 14: Buzzer

Source: <https://www.google.com.br/search?q=buzzer+imagens>, 2018

- 01 (one) 10k potentiometer;



Figure 15: 10k Potentiometer

Source: <https://www.google.com.br/search?q=potenciX&ved=0ahUK, 2018>

- 01 (one) 16x2 LCD;

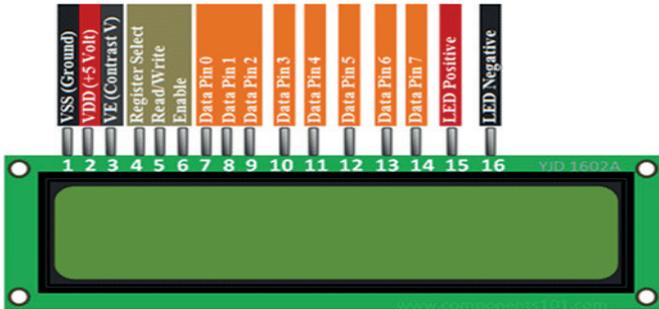


Figure 16: 16x2 LCD

Source: https://www.google.com.br/search?q=LCD+16x2&rlz=1C1NHXL_pt

- 01 (one) ATmega328;



Figure 17: ATmega238

Source: https://www.google.com.br/search?q=ATMega328&rlz=1C1NHXL_pt, 2018

- 01 (one) printed circuit board (PCI)



Figure 18: Printed Circuit Board (PCB)

Source: [https://www.google.com.br/search?q=placa+de+circuito+impresso+\(PCI\)XL_pt, 2018](https://www.google.com.br/search?q=placa+de+circuito+impresso+(PCI)XL_pt, 2018)

The equipment was acquired and assembled on a protoboard board on a bench in the university's electricity laboratory. figure 19 shows the assembly and testing.

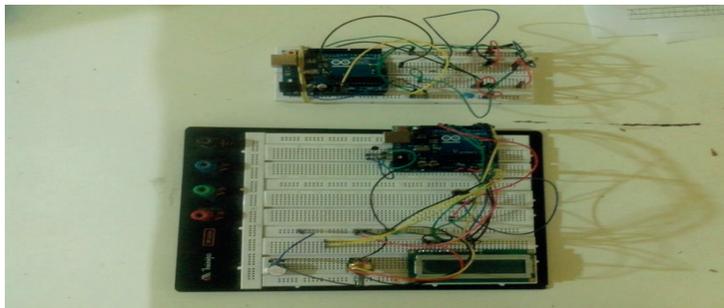


Figure 19: Prototype mounted on the protoboard

Source: from the survey, 2018/2022

A logic circuit was created to integrate the components and create the functionalities, shown in figure 20.

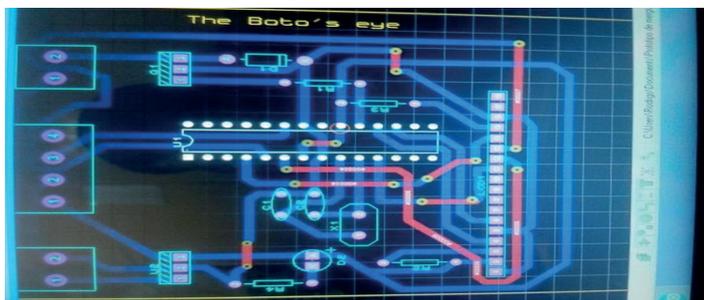


Figure 20: Prototype circuit

Source: from the survey, 2018/2022

Bench tests were performed and the simulation parameters were obtained, as well as the prototype was mounted on the printed board, as shown in figure 21.



Figure 21: Device mounted on the printed board

Source: from the survey, 2018/2022

After the bench tests, the field tests were carried out, figures 22 and 23 demonstrate the prototype in the field.

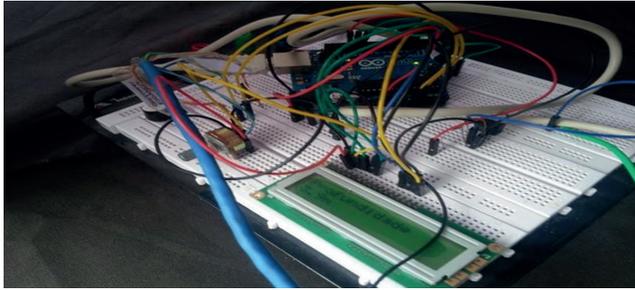


Figure 22: Prototype in field test
Source: from the survey, 2018/2022



Figure 23: Test dive of the prototype in the Candeias River
Source: from the survey, 2018/2022

4 | CONCLUSION

It was verified that the sensor suffers a variation directly proportional to the voltage, it was programmed to emit a vibrating signal at a programmed pressure variation ($0.08V = m$), having a variation limit of 4.5V that corresponds to 50m (meters) within the expected limit that would be 30m, limit for rescue scuba diving in the CBMRO.

The programming of the device was implemented with the following parameters: intermittent vibrating signal for pre-established voltage with a limit of 2.4V that corresponds to 30m depth limit that a scuba diver can reach, so the diver will not run the risk of exceeding his diving limit or running out of gas in his cylinders, its effectiveness in use as an Autonomous Rescue Diving Aid Sensor in Murky Waters in the Western Amazon is evident.

REFERENCES

BOYLESTAD, Robert L. Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos, 8^a edição – São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

CORAZZA, Cesar Nieto, Manual do mergulhador autônomo, copy service Indústria Gráfica Ltda, São Paulo-SP, edições permanentes, 2014.

FEARNSIDE, Philip M. A Tomada de Decisão sobre Barragens na Amazônia: Política Vence a Incerteza na Controvérsia sobre os Sedimentos no rio Madeira, Manaus, Amazonas, 2013;

FILIZOLA N. 1999. O Fluxo De Sedimentos Em Suspensão Nos Rios Da Bacia Amazônica Brasileira. Brasília, Publ. Aneel, 63 p.

FILIZOLA N. & GUYOT J.L. 2009. Suspended Sediment Yield in the Amazon Basin: an Assessment Using Brazilian National Data Set. Hydrological Processes, 23(22):3207 3215 [doi: 10.1002/Hyp.7394].

QUEIROZ, Maria M. Andrade; HORBE, Adriana M. Coimbra; MOURA, Candido A. Veloso. Mineralogia e química dos sedimentos de fundo do médio e baixo Madeira e de seus principais tributários – Amazonas – Brasil, vol. 41(4) 2011: 453 – 464, 24/01/2011.

KINDERMANN, Geraldo. Curto-circuito, 2ª. Edição–Porto Alegre–Sagra Luzzatto, 1997.

MARCONI, M. A. e LAKATOS, E. M. Fundamentos de Metodologia Científica. São Paulo, 1985.

MEADE, R. H. Suspended sediments of the modern Amazon and Orinoco rivers. Quaternary International, vol. 21, p. 29 – 39, 1994.

PCE, FURNAS & CNO. 2004. Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira: Estudos de Viabilidade do AHE Jirau. Processo N° PJ-0519-V1-00-RL-0001. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Projetos e Consultorias de Engenharia Ltda. (PCE), Furnas Centrais Elétricas S.A. (FURNAS) & Construtora Noberto Odebrecht, S.A. (CNO). 4 vols. + anexos. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/BARRAGENS%20DO%20RIO%20MADEIRA.htm

PCE, FURNAS & CNO. 2005. Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira: Estudos de Viabilidade do AHE Santo Antônio. Processo N° 48500.000103/03-91. Relatório Final PJ 0532-V1-00-RL-0001. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Projetos e Consultorias de Engenharia Ltda. (PCE), FURNAS Centrais Elétricas S.A. & Construtora Noberto Odebrecht, S.A. (CNO). 4 vols. + anexos. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/BARRAGENS%20DO%20RIO%20MADEIRA.htm

PERIN, Giliane, Ariquemes notícias disponível em: <<http://www.ariquemesnoticias.com.br/noticia/2014/06/23/turismo-em-rondonia-cresce-com-a-pesca-esportiva.html>> acesso em: 24 de outubro de 2014.

RUDIO, F. V. Introdução ao Projeto de Pesquisa Científica. Petrópolis, 1997.

SILVA, E. E. L e HADDAD, J. Geração Distribuída. Rio de Janeiro, 2006. Instituto Nacional de Meteorologia.

PROTÓTIPO DE SOFTWARE WEB DE APOIO AO CONTROLE ACESSO AO REFEITÓRIO COM FOCO NA INTERFACE DO USUÁRIO

Data de submissão: 02/10/2024

Data de aceite: 01/11/2024

Bruno Marques de Vasconcelos

Fabiann Matthaus Dantas Barbosa

<http://lattes.cnpq.br/3769505772789674>

Joethe Moraes de Carvalho

<http://lattes.cnpq.br/8157292652509113>

Gabriel Pinheiro Compto

<http://lattes.cnpq.br/5432787843953143>

RESUMO: Este trabalho consiste no desenvolvimento de um protótipo funcional de um software web de apoio ao controle de acesso ao refeitório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – Campus Manaus Zona Leste (IFAM-CMZL). O protótipo é focado na interface do usuário, com o objetivo de facilitar o uso por parte dos administradores que irão fazer o controle de acesso dos alunos que frequentam e utilizam o refeitório. Para o entendimento do desenvolvimento do protótipo, a pesquisa concentrou-se em *design* de interface e usabilidade do sistema. O método escolhido foi a prototipação, por facilitar a alteração de elementos visuais e correção de erros antes de lançar o produto final. Fatores como sistemas de controle

acesso, interação humano-computador e design foram essenciais neste projeto. Através do desenvolvimento, espera-se realizar a validação e apresentação do protótipo funcional de apoio à liberação automatizada no refeitório.

PALAVRAS-CHAVE: Design de Interface, Usabilidade, Controle de acesso.

ABSTRACT: This work consists of the development of a functional prototype of a web software to support access control to the cafeteria of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Amazonas – Manaus East Zone Campus (IFAM-CMZL). The prototype is focused on the user interface, with the aim of facilitating use by administrators who will control access to students who attend and use the cafeteria. To understand the development of the prototype, the research focused on interface design and usability of the system. The method chosen was prototyping, as it facilitates the alteration of visual elements and correction of errors before launching the final product. Factors such as access control systems, human-computer interaction, and design were essential in this project. Through the development, it is expected to carry out the validation and presentation of

the functional prototype to support the automated release in the cafeteria.

KEYWORDS: Interface Design, Usability, Access Control.

1 | INTRODUÇÃO

Com a constante avanço da tecnologia, diversas ferramentas de gestão de pessoas estão sendo aprimoradas para acompanhar essa evolução visando atender da melhor forma as necessidades das instituições. Dessa forma, a ocorrência do surgimento de novas ferramentas e softwares com o objetivo de aprimorar e agilizar o processo de produção, de bens, serviços e gerenciamento de recursos. A gestão tecnológica é uma prática que muitas organizações têm adotado para administrar recursos e insumos que são limitados, visando alcançar melhores resultados com menores custos.

A gestão tecnológica é uma atividade que as instituições têm adotado como forma de gerenciamento dos recursos limitados disponíveis para obtenção dos melhores usos na geração das tecnologias para atendimento de nossas necessidades e desejos (Hayne; Wyse, 2018, p 38).

Neste sentido, o avanço tecnológico pode ser visto como resultado da integração de novas tecnologias. Diante disso, é possível compreender que a evolução na área da tecnologia reflete o estado em que a humanidade se encontra atualmente, onde tudo gira em função da tecnologia para resolver os problemas do cotidiano.

No âmbito educacional, as universidades desempenham um papel fundamental na comunidade, atuando como um ponto de partida para alcançar novos objetivos na vida. Elas também funcionam como centros de aprendizagem sobre expressões culturais, proporcionando oportunidades de lazer e interação social. Sua importância vai além do aspecto físico, impactando diretamente o bem-estar da comunidade. Contudo, para que esses ambientes cumpram sua função de maneira eficiente, é crucial que haja uma gestão adequada das pessoas que ali frequentam, visando garantir segurança e o bem-estar.

A gerência de pessoas nessas instituições é essencial para garantir a realização de eventos, evitando incidentes indesejados. Isso não envolve somente monitoramento constante, mas também a implementação de medidas para garantir a segurança de todos que frequentam esses espaços. Garantir a segurança das pessoas nesses locais é fundamental para manter a tranquilidade no ambiente. A implementação de medidas de segurança, como por exemplo, um controle de acesso por meio da biometria digital pode ser uma solução eficiente para prevenir situações adversas.

“A biometria é um dos métodos mais seguros para identificação de seres humanos, pois garante a exclusividade de cada pessoa, evitando tentativas de fraudes e irregularidades” (Silva et al., 2018, p. 771).

No contexto específico de instituições educacionais, como o IFAM (Instituto Federal do Amazonas), mais especificamente no Campus Manaus Zona Leste, a segurança e a

identificação eficiente dos alunos são de extrema importância. É essencial garantir que apenas pessoas autorizadas tenham acesso às instalações, protegendo assim o ambiente institucional de aprendizado e promover um local seguro para os estudantes e funcionários.

Manter o controle de acesso aos espaços é fundamental para garantir a organização do ambiente e segurança de todos que se fazem presente nesses locais. O controle de acesso a um ambiente pode ser feito de muitas formas a depender da demanda do fluxo de pessoas, pode ser feita de forma manual quando se trata de um pequeno número de pessoas ou de forma automatizada quando se trata de um grande número de pessoas.

O uso de um leitor biométrico oferece um nível de precisão na identificação dos usuários em comparação com o método manual que se encontra em uso, por meio de lista nominal. A biometria, ao reconhecer características únicas de cada usuário, como as impressões digitais, minimiza consideravelmente os riscos de fraudes e também garante uma contagem mais eficiente dos usuários que ali frequentam, garantindo que apenas as pessoas autorizadas tenham acesso às refeições.

Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver um protótipo funcional do software web utilizando técnicas de prototipação, que permita alterações e melhorias rápidas durante o processo de desenvolvimento, com validação na teoria de Nielsen (1994).

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Tecnologias Biométricas

O termo biometria é hoje associado à medição de características físicas das pessoas como forma de identificá-las[...] (Futado, 2010). Hoje, com o desenvolvimento tecnológico, várias outras formas de biometria podem ser usadas também para realizar a identificação de alguém, com destaque para a forma de caminhar, o reconhecimento facial, a íris, a retina, dentre outras (Souza, 2020).

A identificação de pessoas por meio das suas características físicas e comportamentais distintas vêm evoluindo com o passar do tempo, essa evolução é atribuída, em grande parte, aos grandes avanços e descobertas no campo da informática, onde a autenticação por meio da biometria se faz mais presente no dia a dia das pessoas. Segundo Colombo et al (2013), o termo biometria está cada dia mais próximo do cotidiano dos usuários de informática. Para Colombo et al (2013) A biometria vem justamente aproveitar as características únicas das pessoas para garantir segurança e velocidade em muitas atividades diárias.

Segundo Souza (2020), atualmente, as tecnologias biométricas mais utilizadas são: biometria de impressão digital, de geometria da mão e de dedos, da face, de íris e de voz.

De acordo com Boechat (2008), As técnicas biométricas são subdivididas em

duas classes diferentes: baseadas nas características físicas e nas características comportamentais. As características físicas, Boechat (2008), ressalta que é uma medida fisiológica ou anatômica relativamente estável de uma parte do corpo humano basicamente imutável, tal como: a face, impressão digital, íris, retina, geometria da mão, padrão das veias entre outras.

E as características comportamentais Boechat, (2008) enfatiza que, dentre as características comportamentais existe o modo de andar, assinatura, a dinâmica da digitação, a fala entre outras. Exemplos de biometria baseada nas características físicas e características comportamentais.

As tecnologias biométricas são ferramentas essenciais para autenticar e identificar indivíduos por meio das suas características físicas e comportamentais únicas, como por exemplo, a impressão digital, reconhecimento facial, íris e voz. Essas tecnologias têm uma ampla aplicação, e estão inseridos em muitos contextos de sistemas de controle de acesso a espaços físicos e controle de acesso a outros sistemas.

Um dos tipos de tecnologias biométricos é a de impressão digital. Um sistema biométrico é basicamente um sistema de reconhecimento de padrões que tem como objetivo comparar as características físicas de uma pessoa por meio da captura de dados biométricos, na qual é feita uma análise e uma comparação em um conjunto de dados com características dos dados das pessoas cadastradas e salvos no banco de dados desse sistema.

Um sistema biométrico é essencialmente um sistema de reconhecimento de padrões que opera adquirindo dados biométricos de um indivíduo, extraindo um conjunto de recursos dos dados adquiridos e comparando esse conjunto de recursos com o modelo definido no banco de dados (Jain; Ross; Prabhakar, 2004, p. 4).

De acordo com (Jain; Ross; Prabhakar, 2004, p. 4), o sistema biométrico por meio da impressão digital são ferramentas tecnológicas sofisticadas que utilizam características físicas de uma pessoa para fazer a sua autenticação e identificação. Esses sistemas funcionam por meio de quatro módulos, que vão desde o módulo captura dos dados biométricos das impressões digitais por meio do sensor biométrico, passando pelo módulo de extração de recursos, que processa um conjunto de dados adquirido, e em seguida o módulo *matcher*, onde as características extraídas durante o reconhecimento e comparadas aos modelos armazenados no banco de dados, e por fim o módulo de banco de dados do sistema, que é utilizado para armazenar os modelos biométricos dos usuários inscritos.

2.2 Sistema de Controle de Acesso

Manter o controle de acesso aos espaços físicos ou digitais é fundamental para manter a segurança tanto dos que se fazem presentes nos espaços físicos como também aos que estão acessando a um sistema de informática. Um sistema de controle de acesso

tem como objetivo principal, dar permissão de acesso a um ambiente físico ou virtual por meio da identificação e autenticação de diferentes formas, seja por meio de login e senha ou por meio da biometria.

A identificação entende-se o conjunto de técnicas que se utilizam para se obter o conhecimento da identidade de uma outra parte, no entanto, este processo não prova a identidade indicada pela parte (Moreira et al., 2009).

Nesse sentido, Moreira et al (2009), descrevem a autenticação como um o processo pelo qual uma pessoa prova a sua identidade. Em síntese, a identificação para se ter acesso aos espaços físicos ou digitais, refere-se às técnicas para obter informações relacionadas à identidade de uma pessoa, mas essas informações não necessariamente provam que essa identidade seja verídica. Por outro lado, a autenticação é o processo na qual uma pessoa para ter acesso a esses mesmos espaços comprova sua identidade. Dessa forma, essa autenticação pode ser feita por meio de *login* e senha ou até mesmo utilizando a biometria.

2.3 Design de Interface e Usabilidade

Primeiramente, é necessário entender ao que se refere o termo *design*. Segundo Benyon (2011, p.5):

“O termo '*design*' refere-se tanto ao processo criativo de especifica algo novo quanto às representações que se produzem durante este processo. Portanto, para projetar um site, por exemplo, o *design* produzirá e avaliará vários *designs*, como o *design* do *layout* da página, o do esquema de cores, o dos gráficos e o da estrutura como um todo”.

O Autor supracitado ressalta que um design tem que ser visualizado para ajudar um designer clarear as próprias ideias quanto para que as pessoas possam avaliá-lo.

A Interface é constituída pelas seguintes partes, as quais os usuários têm contato: física, perceptiva ou conceitualmente:

- Fisicamente: podemos interagir com um dispositivo apertando botões ou movimentando alavancas e o dispositivo interativo pode responder fornecendo retorno através da pressão do botão ou alavanca;
- Perceptivamente: o dispositivo exhibe coisas em uma tela que podemos ver, ou emite sons que podemos ouvir;
- Conceitualmente: interagimos com um dispositivo tentando concluir o que ele faz e o que deveríamos estar fazendo. O dispositivo fornece mensagens e outros indicadores feitos para nos ajudar nesse sentido.

Portanto, a interface de um sistema é o meio pelo qual acontece o diálogo entre uma aplicação e o humano. Pressman (2011) define interface de forma parecida com especialistas em usabilidade:

“A interface do usuário é indiscutivelmente o elemento mais importante de

um produto. Se a interface for mal projetada, a capacidade de o usuário aproveitar todo o poder computacional e conteúdo de informações de uma aplicação pode ser seriamente afetada. Na realidade, uma interface fraca pode fazer com que uma aplicação, em outros aspectos bem projetada e solidamente implantada, falhe." (Pressman, 2011)

Desta maneira, neste trabalho quando é citado design de interface, entende-se por um processo que constrói telas que podem ser utilizadas por usuários para navegar entre páginas de um software.

Um outro ponto crucial em uma interface, é a usabilidade, que assegura que o software seja fácil de usar, eficiente e agradável, de acordo com a perspectiva do usuário (Preece; Roger; Sharp, 2005). Estes autores definiram metas de usabilidade para um software atingir seu objetivo, sendo:

- Eficácia no uso: corresponde ao quanto o sistema é bom para fazer o que se espera dele;
- Eficiência no uso: corresponde à maneira como o sistema auxilia os usuários na realização das tarefas;
- Fácil de lembrar como usar: corresponde à facilidade de lembrar como utilizar o sistema;
- Fácil de entender: corresponde ao quão fácil é aprender a usar o sistema;
- De boa utilidade: corresponde à medida na qual o sistema propicia o tipo certo de funcionalidade, de maneira que os usuários possam realizar aquilo de que precisam ou que desejam;
- Seguro no uso: corresponde a proteger os usuários de situações perigosas e indesejáveis.

A partir da última década, os usuários tornaram-se mais exigentes com a tecnologia utilizada, por isso as empresas estão investindo cada vez mais em produtos com um *design* sofisticado, fáceis de utilizar, rápidos e que tenham funcionalidade. Porém, nem todos sabem que estas características fazem parte da usabilidade de *software*. Segundo a NBR ISO/IEC 9126-1 (2003) usabilidade é a capacidade do produto de *software* de ser compreendido, aprendido, operado e atraente ao usuário, quando usado sob condições especificadas.

SHACKEL (1991) considera a usabilidade como a capacidade de um sistema ser usado facilmente e com eficiência pelo usuário. Já Nielsen (1990) e SANTOS (2000) definem de forma semelhante, dividindo o conceito de usabilidade em itens como facilidade e eficiência.

Nielsen (1994) aponta que um projeto do *software*, deve considerar a avaliação do *design* da interface. Sendo assim, um projeto deve ser construído para atender as 10 Heurísticas de Usabilidade de Nielsen, que são itens que ajudam a realizar um diagnóstico da usabilidade do *software*, facilitando ao *designer* projetar uma melhor experiência de uso

e tornando as interações de fácil entendimento, sendo:

- **Visibilidade do Estado do Sistema:** o sistema deve sempre manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, através de *feedback* adequado dentro de um prazo razoável;
- **Correspondência entre Sistema e Mundo Real:** o sistema deve falar o idioma dos usuários, com palavras, frases e conceitos familiares para o usuário;
- **Controle e liberdade para o usuário:** os usuários muitas vezes escolhem uma função por engano e precisarão de uma “saída de emergência” claramente marcada para deixar o estado indesejado;
- **Consistência e Padronização:** os usuários não devem ter que se perguntar se diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa;
- **Prevenção de Erros:** melhor do que boas mensagens de erro é um *design* cuidadoso que impede que um problema ocorra;
- **Reconhecimento em vez de memorização:** minimize a carga de memória do usuário, tornando visíveis objetos, ações e opções;
- **Flexibilidade e eficiência de utilização:** muitas vezes pode acelerar a interação para o usuário especializados, de tal forma que o sistema pode servir tanto para usuários inexperientes e experientes;
- **Design estético e minimalista:** os diálogos não devem conter informações irrelevantes ou raramente necessárias;
- **Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar erros:** as mensagens de erro devem ser indicar em linguagem simples e com precisão o problema e sugerir construtivamente uma solução;
- **Ajuda e Documentação:** mesmo que seja melhor se o sistema pode ser usado sem documentação, pode ser necessário fornecer ajuda e documentação.

Somente por meio de um projeto focado no *design* de interface e usabilidade que sistemas serão construídos de tal forma que favoreçam o seu uso efetivo, priorizando assim os usuários.

3 | SISTEMA DE CONTROLE DE ACESSO DO REFEITÓRIO (SCAR)

O Sistema de Controle de Acesso ao Refeitório (SCAR) (Figura 1) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - Campus Manaus Zona Leste (IFAM-CMZL) utiliza características únicas dos alunos para identificá-los por meio das impressões digitais, e fará o uso de um leitor biométrico. Dessa forma, o sistema autenticará e autorizará o acesso dos alunos ao refeitório.



Figura 1 – Tela de Menu do SCAR

Fonte: Próprio Autor (2024).

O objetivo do (SCAR) é fornecer um mecanismo que seja funcional e que atenda todas as necessidades dos servidores que trabalham no processo de distribuição e controle das refeições. O Sistema de Controle de Acesso ao Refeitório (SCAR) funcionará da seguinte forma:

- Cadastro dos alunos: O cadastro dos alunos é feito utilizando o número de matrícula, nome, curso, turma e a impressão digital. A captura da impressão digital do aluno, será feita por meio de um leitor biométrico de impressão digital.
- Armazenamento no banco de dados: Todo esse conjunto de dados serão armazenados em um banco de dados, formando uma base de dados que será utilizada para fazer a autenticação e a autorização de cada aluno.
- Identificação e Autenticação: Ao acessar o refeitório, os alunos farão a autenticação por meio da impressão digital e posteriormente seu acesso será liberado.

O Sistema de Controle de Acesso ao Refeitório (SCAR) com biometria de impressão digital é uma solução eficaz e segura para manter o controle de acesso e a contagem dos alunos que farão as refeições.

O diagrama de sequência (Figura 2) apresenta uma visão mais detalhada de como as interações ocorrem em um nível técnico, mostrando a troca de mensagens e a ordem das operações entre os componentes do sistema durante o processo de autenticação e acesso ao refeitório. Esses diagramas são essenciais para entender o fluxo de operações e a lógica por trás do sistema, fornecendo uma base clara e estruturada para o desenvolvimento e a implementação eficaz do protótipo.

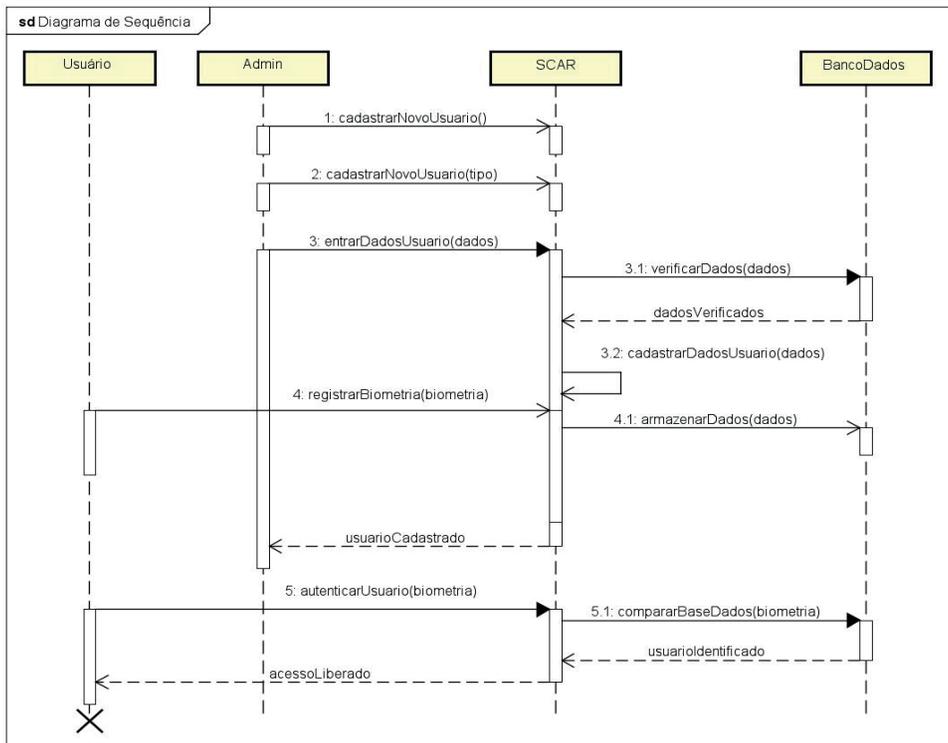


Figura 2 – Diagrama de Sequência.

Fonte: Próprio Autor (2024).

4 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A natureza deste estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, cujo objetivo é gerar conhecimentos que possam ser utilizados na prática. De acordo com Cervo e Bervian (2010, p. 65), “na pesquisa aplicada, o pesquisador é impulsionado pela necessidade de contribuir para fins práticos mais ou menos imediatos, buscando soluções para problemas concretos.” A pesquisa aplicada se concentra exclusivamente na aplicação do conhecimento para resolver problemas existentes, sendo, portanto, uma solução específica voltada para contextos práticos e reais.

Em Engenharia de Software, existem algumas formas de prototipação de software, os mais utilizados são protótipo de baixa fidelidade e de alta fidelidade, sendo o último o protótipo escolhido para este trabalho, conhecido por protótipo funcional, pois resulta num produto mais próximo da versão final.

Sendo assim, ressalta-se que o protótipo funcional foi desenvolvido como software web, ou seja, é acessado pelo lado do cliente diretamente de um navegador de internet. O acesso pode ser realizado através de um *Desktop*, e também por um dispositivo Móvel como *Smartphone* ou *Tablet*, pois também é preparado para acesso via dispositivo móvel.

4.1 Tecnologias e Ferramentas aplicadas

O protótipo foi construído a partir de tecnologias e ferramentas específicas para o desenvolvimento de um *software web*. As tecnologias e ferramentas utilizadas para desenvolvimento do protótipo: *HyperText Markup Language (HTML)*, *Cascading Style Sheets (CSS)*, *Bootstrap*, *Javascript (JS)*, *Visual Studio Code*, *XAMPP*, *MySQL*

4.2 Etapas de Desenvolvimento

4.2.1 Levantamento de Requisitos

Para a elaboração deste projeto, primeiro foi feito o levantamento dos requisitos: requisitos funcionais e não funcionais. “O levantamento de requisitos é a etapa do desenvolvimento de sistemas de informação responsável por identificar e modelar as necessidades do negócio a serem atendidas pelos sistemas de informação[...]” (Azevedo JR; Campus, 2008, p. 27).

Os requisitos funcionais estão relacionados às funcionalidades do sistema. “Os requisitos funcionais dizem respeito à definição das funções que um sistema ou um componente de sistema deverá fazer[...]” (Costa, 2018). Os requisitos não funcionais dizem respeito ao comportamento do sistema, ou seja, como o sistema deve se comportar ao entrar em execução. “Os requisitos não funcionais, ao contrário dos funcionais, não expressam nenhuma função a ser realizada pelo software, e sim comportamentos e restrições que este software deve satisfazer” (Cysneiros; Leite, 1997).

4.2.2 Análise e Projeto do Sistema

A arquitetura do sistema (Figura 3) de controle de acesso ao refeitório do IFAM-CMZL é projetada para garantir segurança, eficiência e facilidade de uso. O sistema é composto por quatro principais componentes: o Leitor de Biometria Digital, a Interface Web, o Servidor e o Banco de Dados. O processo começa com o Leitor de Biometria Digital, que captura as impressões digitais dos usuários (alunos e funcionários). Esta informação biométrica é então enviada à Interface Web, onde os dados são inicialmente processados e apresentados aos administradores através de uma interface amigável e intuitiva.

O Servidor atua como o intermediário entre a Interface Web e o Banco de Dados. Ele recebe as informações biométricas e de acesso da Interface Web, verifica e valida os dados de autenticação comparando com as informações armazenadas no Banco de Dados. O Banco de Dados armazena todas as impressões digitais e registros de acesso dos usuários, permitindo a consulta rápida e segura das informações necessárias.

Após a validação bem-sucedida pelo Servidor, o acesso é liberado, e o usuário é autorizado a entrar no refeitório. Essa arquitetura garante que o processo de autenticação

seja rápido, seguro e confiável, minimizando riscos de fraudes e erros, e proporcionando uma experiência de usuário eficiente e satisfatória.

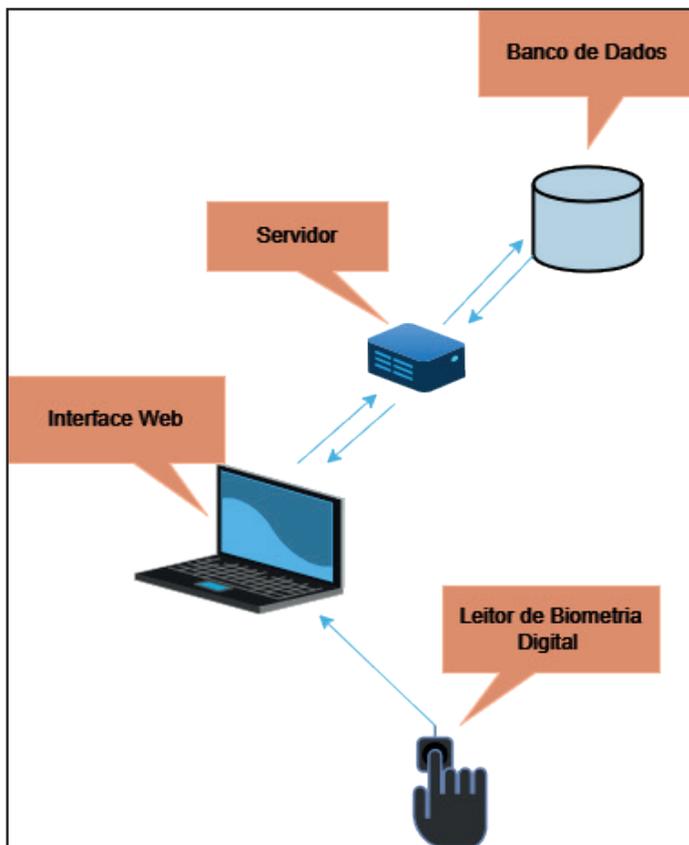


Figura 3 – Arquitetura do Sistema.

Fonte: (Próprio autor)

4.2.3 Implementação

Para a implementação deste sistema foi utilizado tecnologias como: linguagem de programação Java, para desenvolvimento do servidor e lógica de verificação. Banco de Dados relacional MySQL, para armazenar as impressões digitais. SDKs de leitores biométricos, para integração com o leitor de impressões digitais.

4.2.4 Testes Lógicos Internos

Para validar as funcionalidades do sistema, foram feitos teste de precisão e o teste de desempenho.

- Teste de Precisão: será verificado a precisão da correspondência biométrica, e para a realização desse procedimento, será utilizado um conjunto de amostras

de impressões digitais cadastrados no banco de dados para fazer o teste no sistema.

- Teste de Desempenho: será medido o tempo de resposta do sistema durante a verificação e a autenticação do usuário por meio da impressão digital.

4.3 Método

O modelo selecionado para o desenvolvimento do protótipo foi o modelo evolucionário de processo de software conhecido como Prototipação de Pressman. Nesse modelo, a construção do protótipo é uma etapa crucial que ocorre após o projeto da interface do software. Isso permite experimentar diferentes opções de design, identificar problemas e criar um modelo do software a ser implementado, além de facilitar a comunicação entre desenvolvedores e usuários. A Figura 4 ilustra o modelo de Prototipação utilizado.

O modelo é cíclico, permitindo que cada fase seja executada e repetida para diferentes módulos. Dessa maneira, é possível implementar os requisitos mais importantes inicialmente e, ao longo do projeto, incorporar novos requisitos conforme sejam identificados. A característica principal deste modelo é a criação de protótipos do sistema com base nas especificações fornecidas pelo cliente. Esses protótipos são então testados pelo cliente para validar suas funcionalidades (Pressman, 2006).



Figura 4 – Arquitetura do Sistema.

Fonte: Pressman (2011).

O paradigma da prototipação de Pressman (Figura 7) auxilia os *stakeholders*, ou seja, os interessados a entenderem melhor a forma como está sendo construído o software, que são as etapas:

- Comunicação: o desenvolvedor e o cliente encontram-se para definirem os objetivos gerais e levantamentos de requisitos do software;
- Plano rápido: esta etapa inicia-se o planejamento do protótipo com base na definição dos requisitos;
- Modelagem rápida: aqui a modelagem do protótipo inicia-se, a partir do layout, botões, cores etc.;
- Construção do Protótipo: a programação do software é feita, porém, nem todas as funcionalidades são implementadas, pois é apenas uma versão para testes e validação;
- Implantação, entrega e feedback: a entrega do protótipo é realizada ao cliente para análise e espera de um feedback para ajustes.

A partir destas etapas, o desenvolvedor avalia se pretende evoluir o protótipo para chegar a versão final, ou iniciar o desenvolvimento a partir do zero até resultar na entrega do software.

Este modelo vem sendo utilizado para construção do protótipo deste trabalho, sendo escolhido porque se adequa à construção de Sistemas WEB, apresentando rapidez na construção de protótipos e pela agilidade dos processos de comunicação e modelagem, importante quando há uma equipe heterogênea que precisa estar a par de cada etapa na construção do produto (Pressman, 2006).

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a conclusão do desenvolvimento do protótipo do Sistema de Controle de Acesso ao Refeitório (SCAR), foram conduzidos testes de precisão e desempenho para verificar a eficácia do sistema. Os resultados obtidos são apresentados a seguir:

5.1 Teste de Precisão

O teste de precisão focou na capacidade do sistema de reconhecer corretamente as impressões digitais cadastradas e liberar o acesso ao refeitório de maneira confiável. Utilizando um conjunto de 50 amostras de impressões digitais cadastradas previamente no banco de dados, o sistema alcançou uma taxa de acerto de 92%. Dos 50 testes realizados, apenas 4 resultaram em falhas na correspondência biométrica, sendo que duas dessas falhas foram atribuídas a erros no cadastramento inicial da impressão digital. As correções necessárias foram aplicadas, melhorando ainda mais a precisão do sistema.

Esses resultados são considerados altamente satisfatórios, dado que sistemas de

controle de acesso por biometria normalmente aceitam uma margem de erro de até 8%. A taxa de 92% indica que o SCAR apresenta um excelente nível de precisão na autenticação de usuários, garantindo segurança e minimizando fraudes.

5.2 Teste de Desempenho

O teste de desempenho avaliou o tempo de resposta do sistema durante o processo de verificação biométrica e autenticação dos alunos. O tempo médio de resposta foi de 2,5 segundos, desde a leitura da impressão digital até a autorização de entrada. Esse tempo está dentro das expectativas para sistemas que envolvem processamento de dados biométricos e consultas em banco de dados em tempo real.

Além disso, em cenários de alta demanda, onde vários alunos tentam acessar o refeitório simultaneamente, o sistema demonstrou uma leve variação no tempo de resposta, atingindo um pico de 3,1 segundos. Esse comportamento foi considerado normal, uma vez que o sistema utilizou algoritmos de otimização no servidor para manter o desempenho estável mesmo sob carga.

5.3 Usabilidade e Satisfação dos Usuários

A implementação do protótipo também incluiu testes de usabilidade, seguindo as heurísticas de Nielsen (1994), que destacam a importância da visibilidade do estado do sistema, prevenção de erros e flexibilidade de uso. A interface foi avaliada por um grupo de 10 usuários, que relataram uma experiência de uso intuitiva e eficiente. Os principais pontos positivos mencionados foram:

Clareza nas instruções: A interface apresentava mensagens claras sobre o status de autenticação, facilitando o entendimento das operações.

Rapidez na resposta: O tempo médio de 2,5 segundos foi considerado satisfatório e não comprometeu a experiência do usuário.

Design minimalista: A interface focou na simplicidade, evitando sobrecarregar os administradores com informações desnecessárias.

Contudo, alguns administradores sugeriram pequenas melhorias, como a inclusão de uma funcionalidade para revisão manual em casos de falhas de autenticação, o que foi considerado para futuras implementações.

6 | CONCLUSÕES

A contribuição deste trabalho é significativa no contexto da gestão de acesso em ambientes educacionais, de tal forma a integrar uma plataforma web não parar melhorar a segurança e a eficiência do controle de acesso, mas também modernizar os processos administrativos, alinhando-se com as tendências atuais de digitalização e automação.

A adoção do SCAR no IFAM-CMZL pode trazer benefícios diretos, tanto em termos de eficiência quanto de segurança. O sistema não só moderniza o controle de acesso ao refeitório, mas também se alinha às tendências de automação e digitalização em instituições educacionais. Com a implementação plena do sistema, espera-se uma redução no número de fraudes relacionadas ao uso indevido do refeitório, além de uma otimização dos recursos humanos, já que o processo de verificação é automatizado.

Embora os testes tenham demonstrado a eficácia do sistema, algumas limitações foram observadas. Por exemplo, em ambientes com alta umidade, como o de Manaus, a qualidade da leitura das impressões digitais pode ser afetada, o que gerou uma pequena margem de erro em alguns casos. Uma possível melhoria seria a incorporação de um sistema de backup, como reconhecimento facial ou o uso de cartões RFID para complementar a autenticação em casos de falha biométrica.

Além disso, para uma futura versão do SCAR, a adição de relatórios analíticos detalhados sobre a frequência de uso do refeitório poderia ser uma funcionalidade útil para os administradores.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, D. P. d. J.; CAMPOS, R. d. **Definição de requisitos de software baseada numa arquitetura de modelagem de negócios**. Production, SciELO Brasil, v. 18, p. 26–46, 2008.

BENYON, D. **Interação humano-computador**. 2. ed. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2011. 442 p.

BOECHAT, G. C. **Proposta de um modelo de arquitetura biométrica para identificação pessoal com estudo da dinâmica da digitação**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

CERVO, A.; BERVIAN, P. **Metodologia Científica**. 5. ed.. ed. Sao Paulo: Prentice Hall, 2010.

COLOMBO, F. J.; NETO, B. B.; BARROS, L. d. J. R. de. **Um estudo sobre a biometria a study on biometrics**. Revista Interface Tecnológica, v. 10, n. 1, p. 37–44, 2013.

COSTA, E. C. da. **A importância da engenharia de requisitos no processo de desenvolvimento de sistemas de informação**. Revista Interface Tecnológica, v. 15, n. 1, p. 203–214, 2018.

CYSNEIROS, L. M.; LEITE, J. C. S. do P. **Definindo requisitos não funcionais**. In: SBC. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software. [S.l.], 1997. p. 49–64.

FURTADO, I. Á. **A biometria em anatomia humana. considerações sobre a evolução do conceito e a actualidade do método**. Médicos Estomatologistas Portugueses, p. 20.

HAYNE, L. A.; WYSE, A. T. de S. **Análise da evolução da tecnologia: uma contribuição para o ensino da ciência e tecnologia**. Revista brasileira de ensino de ciência e tecnologia, v. 11, n. 3, 2018.

JAIN, A. K.; ROSS, A.; PRABHAKAR, S. **An introduction to biometric recognition**. IEEE Transactions on circuits and systems for video technology, IEEE, v. 14, n. 1, p. 4–20, 2004.

JUNIOR, D. P. d. A.; CAMPOS, R. d. **Definição de requisitos de software baseada numa arquitetura de modelagem de negócios**. Production, SciELO Brasil, v. 18, p. 26–46, 2008. MOREIRA, P. A. T. et al. **Gestão de controlo de acessos**. 2009.

MOREIRA, P. A. T. et al. **Gestão de controlo de acessos**. 2009.

NIELSEN, J. **Usability engineering**. San Francisco, Calif.: Morgan Kaufmann Publishers, 1994. ISBN 0125184069 9780125184069. Disponível em: <http://www.amazon.de/gp/product/0125184069/ref=oh_details_o02_s00_i00>. 73

PREECE, J. et al. **Human-Computer Interaction**, Addison-Wesley, 1994.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software: Uma abordagem profissional**. 7. ed. Tradução: Ariovaldo Griesi e Mario M. Fecchio. Porto Alegre: AMGH Editora, 2011.

PRESSMAN, R.S. **Engenharia de Software**. 6ª Ed, McGraw-Hill, 2006.

SANTOS, R., **Ergonomização das interação homem-computador**. Abordagem heurística para avaliação da usabilidade de interfaces. Rio de Janeiro: PUC Rio, 2000. (Dissertação de mestrado).

SILVA, I. A. da; VALIM, P. R. O.; BORTOLUZZI, F. **Bioregschool—sistema de registro de frequência escolar com leitura biométrica**. Anais do Computer on the Beach, v. 9, p. 771–780, 2018.

SHACKEL, B., Usability - context, framework, definition, design & evaluation, In: B. Shackel & S. J. Richardson, Eds., **Human Factors for Informatics Usability**, 21-37. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

SOUZA, M. A. de. **A biometria e suas aplicações**. Revista Brasileira de Ciências Policiais, v. 11, n. 2, p. 79–102, 2020.

DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA INTEGRADA PARA ANÁLISE DE DADOS COM SUPORTE DE IA: UM ENFOQUE EM ASSISTÊNCIA À DECISÃO E VISUALIZAÇÃO DINÂMICA

Data de submissão: 07/10/2024

Data de aceite: 01/11/2024

Saile Santos da Costa

<http://lattes.cnpq.br/6855425433563429>

Fabiann Matthaues Dantas Barbosa

<http://lattes.cnpq.br/3769505772789674>

Gabriel Pinheiro Compto

<http://lattes.cnpq.br/5432787843953143>

Kleverton dos Santos Cabral

<http://lattes.cnpq.br/1196576652974820>

RESUMO: Este projeto desenvolveu a plataforma GraphXTable, uma ferramenta de suporte à decisão que transforma tabelas de dados em gráficos estatísticos, utilizando inteligência artificial generativa para análise e visualização de dados. O projeto foi conduzido em três fases: concepção, investigação e avaliação. Na fase de concepção, foram realizadas pesquisas bibliográficas e o planejamento do sistema; na fase de investigação, foram propostas as funcionalidades do sistema, desenvolvida a plataforma e conduzidos testes piloto; e, na fase de avaliação, foram identificados problemas durante os testes piloto e estruturadas soluções para esses problemas. A plataforma demonstrou

ser eficaz na melhoria da eficiência da análise de dados, aumentou a precisão e relevância das análises, e democratizou o acesso a tecnologias avançadas de análise de dados, contribuindo significativamente para a literatura acadêmica e para a prática profissional.

PALAVRAS-CHAVE: Gráficos Estatísticos, IA Generativa, Análise de dados.

ABSTRACT: This project developed the GraphXTable platform, a decision support tool that transforms data tables into statistical graphs, utilizing generative artificial intelligence for data analysis and visualization. The project was conducted in three phases: conception, investigation, and evaluation. In the conception phase, bibliographic research and system planning were completed; in the investigation phase, the system's functionalities were proposed, the platform was developed, and pilot tests were carried out; and in the evaluation phase, issues identified during the pilot tests were addressed, and solutions were implemented. The platform proved effective in improving data analysis efficiency, enhancing the precision and relevance of analyses, and democratizing access to advanced data analysis technologies,

making a significant contribution to academic literature and professional practice.

KEYWORDS: Statistical Graphs, Generative AI, Data Analysis.

1 | INTRODUÇÃO

Antes do século XVII, uma das formas de se apresentar dados era através de tabelas. No entanto, entre os séculos XVII e XVIII, com o propósito de que era mais fácil comunicar-se usando gráficos, William Playfair foi um expoente na aplicação dos gráficos quantitativos, como uma forma apresentar dados para pessoas leigas e fundando os métodos gráficos de estatística, apresentando um marco na forma de se apresentar dados (COSTIGAN-EAVES; MACDONALD-ROSS, 1990; WAINER, 1996). Com o tempo, esses métodos evoluíram para novos gráficos e até mesmo especificidades para o uso de cada gráfico.

Os avanços da era digital conduziram um novo horizonte para a era dos dados, com a possibilidade de se usar computadores para fazer os cálculos e até mesmo obter esses dados, trazendo volume massivo de dados e desafiando as capacidades tradicionais de processamento e análise, com uma sociedade mais conectada e a facilidade que a computação trouxe para se obter dados, o volume de dados tornou-se massivo e continua crescendo a cada dia, alimentado por uma infinidade de fontes, desde transações online até dispositivos *IoT* (Internet das Coisas) (RAUTENBERG; CARMO, 2019).

Recentemente, os avanços da área de inteligência artificial tornaram possível o uso IA generativas e o processamento de linguagem natural para gerar textos mais complexos como uma conversa, imagens, algoritmos, vídeos entre outros conteúdos, uma das ferramentas mais usadas é o “*Chat Generative Pre-Trained Transformer*” conhecido como *ChatGPT* da *OpenAI* (MOTTA; ANDRADE; ALVES, 2023).

Com o crescimento exponencial da quantidade de dados gerados diariamente, tanto em ambientes corporativos quanto pessoais, torna-se um desafio cada vez maior processar, analisar e extrair *insights* significativos desses dados de forma eficiente. A capacidade das ferramentas tradicionais de análise de dados não acompanha mais a velocidade e o volume dos dados disponíveis, resultando em uma sobrecarga de informações que são subutilizadas (FERNANDES, 2020). Isso cria uma lacuna crítica entre a disponibilidade de dados e a capacidade de utilizá-los efetivamente para tomada de decisões informadas e estratégicas.

A área de inteligência artificial, apesar de seus avanços significativos, ainda enfrenta desafios na criação de soluções que sejam ao mesmo tempo poderosas e acessíveis a usuários não especializados. Ferramentas avançadas de IA, como as que utilizam processamento de linguagem natural e modelos generativos, oferecem um enorme potencial para transformar a maneira como os dados são analisados e apresentados. No entanto, a complexidade dessas ferramentas frequentemente impede sua adoção ampla, especialmente em pequenas e médias empresas que não possuem recursos dedicados

para análise de dados avançada.

Observando as situações onde há muitos dados para se analisar e um avanço na área de IA, mas especificamente a área de IA generativa, onde podemos utilizar alguns serviços para realizar análises, faz-se necessária a criação de novas ferramentas que implementem e integrem esses novos avanços, com objetivo de entregar ferramentas cada vez mais modernas para sanar alguns problemas e auxiliar na tomada de decisões.

Com isso criação de uma ferramenta que possa processar tabelas de dados fornecidas pelos usuários e gerar gráficos estatísticos de forma automática e inteligente é crucial para democratizar o acesso à análise de dados avançada. Tal solução não apenas auxiliaria na tomada de decisões, mas também reduziria significativamente o tempo e os recursos necessários para transformar dados brutos em informações acionáveis.

Com os pontos abordados esse trabalho tem como objetivo criar uma camada de inteligência por meio de uma plataforma de inteligência artificial generativa, capaz de processar tabelas fornecidas pelos usuários e gerar gráficos estatísticos para análise de dados e suporte à tomada de decisões, usando recursos de IA generativa e os gráficos estatísticos.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gráficos Estatísticos

William Playfair (1759-1823) é amplamente considerado uma das figuras mais importantes na história dos gráficos estatísticos. Ele é frequentemente creditado com a criação de muitos dos gráficos que hoje são comumente utilizados (Figura 1). No entanto, o existem algumas controvérsias quanto à sua importância. Alguns escritores do século XIX listam Playfair como uma das várias pessoas importantes para a evolução dos gráficos, enquanto escritores do século XX lhe atribuem um grau de importância maior (COSTIGAN-EAVES; MACDONALD-ROSS, 1990).

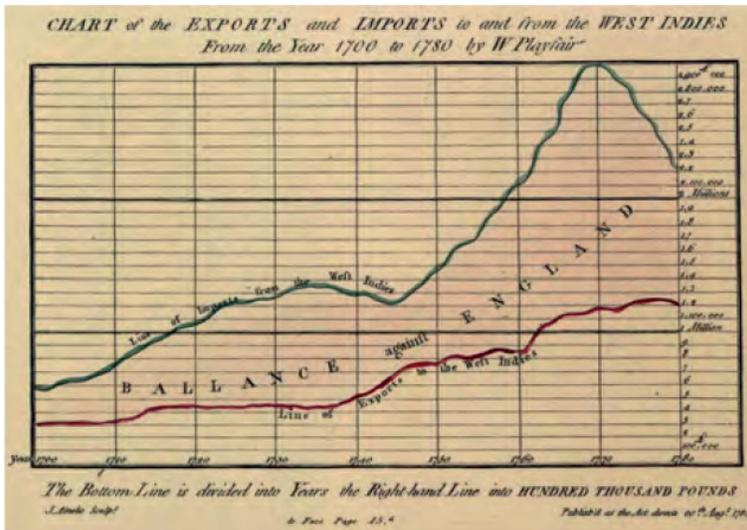


Figura 1 - Atlas comercial e político (Playfair, 1786).

Fonte: SPENCE (2006).

Apesar dessas controvérsias, é fato que uma de suas proposições sobre gráficos, a de que gráficos eram mais simples de se comunicar e mais eficazes do que tabelas de dados, é amplamente aceita. Playfair compreendeu que, ao contrário das tabelas, os gráficos requerem menos processamento de informações por parte humana, economizando recursos como atenção, memória de trabalho e de longo prazo, termos que só surgiram no século XX (SPENCE, 2006).

Crespo (2009) apresenta como gráfico estatístico uma forma de representar os dados para pessoas leigas, gerando uma rápida compreensão dos dados de um determinado fenômeno, alguns dos requisitos para alcançar esse objetivo são a simplicidade, tudo que não for interessante a análise não deve estar presente, clareza o gráfico deve possuir valores representativos sobre o fenômeno em estudo e a veracidade o gráfico deve se ater a veracidade sobre o fenômeno em estudo.

Os gráficos segundo o livro dividem-se em 3 tipos: os diagramas gráficos com o máximo de duas dimensões, onde geralmente faz-se o uso do plano cartesiano (x, y). Os cartogramas onde a geometria ou o espaço dos elementos é distorcida para transmitir a informação de uma variável específica e o pictograma usa representações gráficas de imagens ou símbolos para transmitir informações de maneira simples e rápida.

Apesar de ser uma ferramenta poderosa, os gráficos estatísticos requerem atenção quanto à sua aplicação, onde cada tipo de gráfico requer um tipo de dado e cálculo específico. Crespo (2009) aborda os gráficos estatísticos, alguns exemplos de gráficos e no decorrer do livro trata de formas de implementá-los:

- Gráfico de Barras: Frequência Absoluta, Frequência Relativa.
- Histograma: Distribuição de Frequência.
- Gráfico de Linhas: Série Temporal, Média Móvel.
- Gráfico de Dispersão: Correlação, Regressão Linear.
- *Boxplot*: Mediana, Quartis, *Outliers*.
- Gráfico de Pizza: Frequência Relativa.
- Gráfico de Densidade: Estimativa de Densidade de *Kernel*.

2.2 IA Generativa

A Inteligência Artificial Generativa (GAI) é uma categoria específica de inteligência artificial que se destaca pela capacidade de criar novos elementos dentro de um ambiente específico, seja ele textual, visual ou audiovisual (CAO, 2003). Este processo é alcançado por meio de técnicas de aprendizado de máquina e do uso de grandes volumes de dados para treinamento e aperfeiçoamento das habilidades das IAs (SAG, 2023).

Atualmente, há diversos softwares focados na área de IA generativa, como *Midjourney* e *ChatGPT* (ANTÃO, 2023). O funcionamento desses sistemas depende do tipo de saída final desejada, onde o processo geralmente começa com uma entrada fornecida pelo usuário, que é então alinhada com os dados nos quais a IA foi treinada. A IA realiza uma busca em seu banco de dados para fornecer uma saída relevante e que atenda às expectativas do usuário (CAO, 2003).

Embora grandes volumes de dados sejam utilizados para o treinamento e a geração das saídas das IAs generativas, o *feedback* contínuo é essencial para aprimorar os resultados, alinhando as expectativas humanas com o poder computacional da máquina (CAO, 2003). Esse alinhamento é também necessário para minimizar os vieses gerados durante o treinamento, que podem resultar em saídas indesejadas ou na propagação de ideias que não condizem com conceitos éticos e legais (SRINIVASAN, 2021).

As IAs generativas de imagem são especializadas na criação de imagens, podendo utilizar como inputs textos ou outras imagens (CAO, 2003). Vários processos são combinados para gerar imagens diferentes, mesmo utilizando o mesmo *prompt*. Um desses processos é o *encoding*, onde as imagens usadas para a geração são comprimidas e posteriormente descomprimidas, permitindo que apenas os símbolos e formas mais relevantes sejam reconhecidos e incluídos na nova imagem (SAG, 2023). Outro método é a adição de ruído, que mescla os elementos adicionando uma nova camada sobre a imagem, fazendo com que apenas os elementos facilmente identificáveis sejam reconhecidos pela ferramenta (SAG, 2023).

3 | GRAPHXTABLE

Neste capítulo, a plataforma *GraphXTable* é explorada em detalhes, com foco em suas principais características e componentes. Primeiramente, as tecnologias utilizadas no desenvolvimento da plataforma serão discutidas. Em seguida, as funcionalidades do sistema serão abordadas, destacando as diferentes seções que compõem a plataforma e como elas facilitam a análise de dados e a tomada de decisões. Por fim, será analisada a arquitetura da plataforma, explicando como a combinação de tecnologias e a integração de inteligência artificial garantem uma experiência de usuário eficiente e personalizada.

3.1 Tecnologias Utilizadas

A *GraphXTable* é uma plataforma que transforma dados tabulares em visualizações gráficas intuitivas utilizando tecnologias modernas. Para o desenvolvimento do *frontend*, são utilizadas as seguintes tecnologias: *React* para a construção de uma interface de usuário interativa e responsiva, *Next.js* para renderização do lado do servidor (SSR) e geração de sites estáticos (SSG) e *Material-UI* (MUI) para entregar gráficos interativos com qualidade visual.

No *backend*, a plataforma utiliza *Node.js* para construir uma API robusta e escalável, *Express* para gerenciar rotas e middleware, e *PrismaORM* para o gerenciamento eficiente do banco de dados *MySQL*. Essas tecnologias garantem uma arquitetura limpa e eficiente, permitindo uma integração *harmoniosa* entre *frontend* e *backend*.

Para armazenamento de dados, o *MySQL* é utilizado, proporcionando robustez e eficiência na manipulação de grandes volumes de dados tabulares. Para autenticação e segurança, a plataforma utiliza *BCrypt* para *hash* e armazenamento seguro de senhas. Além disso, tecnologias de *DevOps* como *Docker* e *CI/CD* com *GitHub Actions* são empregadas para criação de ambientes consistentes e integração contínua. A hospedagem e escalabilidade da aplicação são garantidas por serviços como *AWS* (*Amazon Web Services*) e *Azure* (*Microsoft*).

3.2 Descrição do Sistema

O nome *GraphXTable* é uma alusão à técnica de gráficos de *Playfair* e à proposta de permitir a obtenção de gráficos a partir das tabelas fornecidas pelos usuários. A combinação de “*Graph*” (gráfico) e “*Table*” (tabela) reflete a essência da plataforma, que transforma dados tabulares em visualizações gráficas intuitivas.

O objetivo principal da *GraphXTable* é servir como uma ferramenta de suporte à tomada de decisões. A plataforma visa facilitar a análise de dados ao transformar tabelas em gráficos visuais, permitindo aos usuários identificar padrões e tendências de maneira rápida e eficaz. Dessa forma utilizando tecnologias modernas, a *GraphXTable* pretende

oferecer uma experiência de usuário intuitiva e eficiente, potencializando a capacidade analítica de indivíduos e organizações. Além disso, a plataforma irá gerar recomendações por meio de IA utilizando tecnologias como *ChatGPT*, *Gemini* e outras.

A plataforma *GraphXTable* oferece diversas funcionalidades para facilitar a análise de dados e suportar a tomada de decisões. Na Seção Inicial, os usuários têm acesso a artigos variados sobre notícias, tutoriais e atualizações. Esta seção serve como um ponto de partida para os usuários se familiarizarem com as funcionalidades e recursos da plataforma.

Na Seção da Ferramenta, o core da plataforma, os usuários podem inserir dados de tabelas prontas e adicionar dados extras para auxiliar na análise feita pela IA. A plataforma gera gráficos e recomendações que são exibidos na Seção da Análise Realizada. Os usuários podem salvar as análises, e se não estiverem logados, serão direcionados para a tela de login (Figura 2) para concluir o salvamento.



Figura 2 - Tela de Login

Fonte: De autoria própria.

A Seção do Usuário inclui a Página de Dados do Usuário, onde as informações de uso e um histórico de análises anteriores são armazenados, evitando a necessidade de reanálise de dados já processados. Além disso, a plataforma oferece páginas de Login e Cadastro, permitindo que os usuários criem contas e armazenem suas análises realizadas. Por fim, a Seção Sobre oferece uma descrição detalhada da plataforma e seus benefícios para os usuários, conforme mostra a Figura 3.



Sobre

Resumo: A ferramenta GraphXTable surge como uma solução para auxiliar na elaboração e compreensão, fazendo a "conversão" de tabelas para gráficos.

Objetivo: Permitir que os usuários possam, de forma rápida, obter dados de maneira visual sobre suas tabelas e receber auxílio de recomendações de IA.

Como fazer: A ideia do projeto é viabilizar e entregar uma ferramenta online, com auxílio de ferramentas front-end como: Next.js e React, e backend como o Express. Além disso, implementar integrações com IA para gerar as recomendações e suportar o usuário ao usar a ferramenta.

Exemplo do uso de gráficos:

Figura 3 - Seção Sobre da plataforma GraphxTable

Fonte: De autoria própria.

Na Figura 4 apresenta o diagrama de interação da plataforma WEB *GraphXTable*.

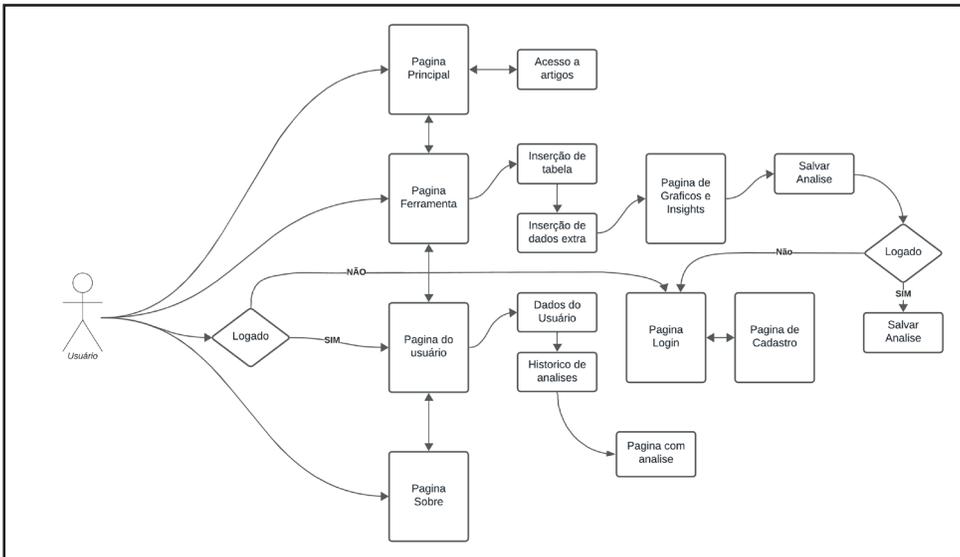


Figura 4 - Diagrama de Interação do sistema

Fonte: De autoria própria.

3.3 Arquitetura da Plataforma

A arquitetura da *GraphXTable* é projetada para ser modular e escalável, utilizando tecnologias modernas para garantir uma experiência de usuário fluida e eficiente. O *Next.js* é o framework principal do *frontend*, escolhido por suas capacidades avançadas de

SSR e SSG, que melhoram a performance, SEO e simplicidade do desenvolvimento. A renderização do lado do servidor permite um carregamento mais rápido das páginas e uma melhor indexação por motores de busca, enquanto a pré-renderização de sites estáticos aumenta ainda mais a velocidade de carregamento para conteúdos que não mudam frequentemente.

No *backend*, o Express é utilizado para gerenciar rotas e middleware, proporcionando uma estrutura organizada e eficiente para a API. A flexibilidade do Express permite a adição de middleware conforme necessário para manipular requisições HTTP, autenticação, validação de dados, entre outros. Além disso, o uso de *PrismaORM* simplifica o gerenciamento do banco de dados *MySQL*, garantindo uma integração eficiente e segura com o *frontend*.

A integração de IA generativas como *ChatGPT* e *Gemini* é outro componente crucial da arquitetura da *GraphXTable*. Essas IAs fornecem recomendações avançadas e *insights* aos usuários, analisando grandes volumes de dados e identificando padrões complexos. A plataforma é projetada para ser modular, permitindo a troca da entidade de análise de dados ou a escolha da IA pelo usuário, oferecendo flexibilidade e personalização na análise de dados. A Figura 5 apresenta a arquitetura do sistema.

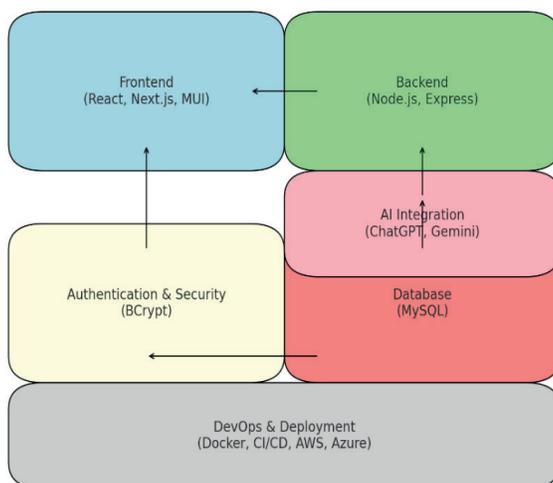


Figura 5 - Arquitetura do Sistema.

Fonte: De autoria própria.

As setas no diagrama indicam o fluxo de dados entre esses componentes, mostrando como o *frontend* se comunica com o *backend*, que por sua vez interage com o banco de dados. A autenticação e segurança são integradas ao *backend*, enquanto as ferramentas de *DevOps* suportam tanto o *backend* quanto o *frontend*. A integração de IA está conectada ao *backend*, proporcionando análises e recomendações avançadas.

3.3.1 Modelo entidade relacionamento do sistema

O diagrama apresentado na Figura 6 é um Modelo Entidade-Relacionamento (MER) que ilustra as relações entre diferentes entidades no sistema *GraphXTable*. As principais partes do diagrama e suas funções:

- Usuário

A entidade Usuário possui atributos como nome, login, email e senha, identificados pelo atributo chave código. A relação entre o usuário e os dados de entrada é representada pela associação “inserir”, indicando que cada usuário pode inserir múltiplos conjuntos de dados de entrada, mas cada conjunto de dados de entrada pertence a apenas um usuário. Isso é indicado pela cardinalidade (1,1) do lado do usuário e (0,n) do lado dos dados de entrada.

- Dados de Entrada

A entidade dados_entrada contém os atributos código (chave primária) e tabela, que representam os dados tabulares fornecidos pelos usuários. Esses dados de entrada são essenciais para a geração de análises, sendo a base de informações que será processada pelo sistema.

- IA_API

A entidade IA_API representa as diferentes APIs de inteligência artificial integradas ao sistema, com atributos como nome, chave e *endpoint*, identificados pelo atributo chave código. A cardinalidade (0,n) indica que múltiplas APIs de IA podem ser integradas ao sistema, oferecendo flexibilidade para adicionar ou modificar APIs conforme necessário.

- Análise

A entidade Análise está no centro do diagrama e representa o processo de transformação dos dados de entrada em resultados analíticos. A análise é identificada pelo atributo código e possui atributos como dados_estatísticos, observações e recomendações. A relação “Gerar Análise” indica que a análise é gerada a partir dos dados de entrada e processada por uma ou mais APIs de IA.

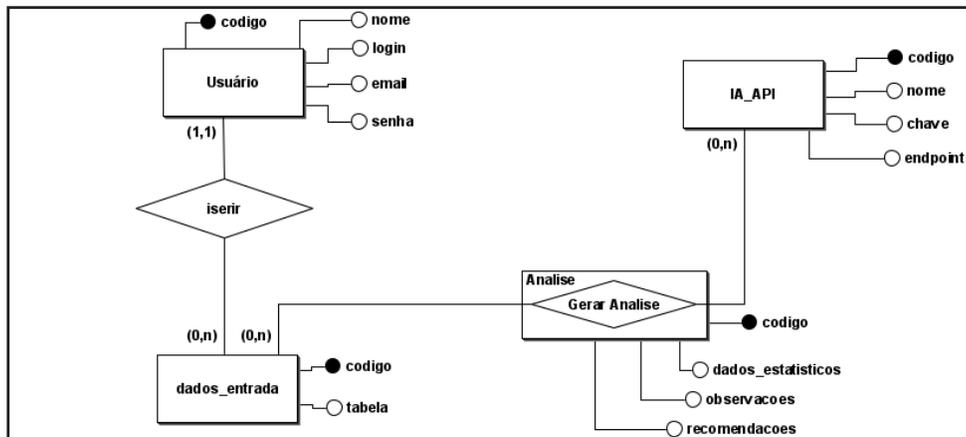


Figura 6 - MER do Sistema.

Fonte: De autoria própria.

4 | METODOLOGIA

A natureza deste estudo é caracterizada como uma pesquisa aplicada, destinada a gerar conhecimentos para aplicação prática. Segundo Cervo e Bervian (2010, p. 65), “na pesquisa aplicada, o investigador é movido pela necessidade de contribuir para fins práticos mais ou menos imediatos, buscando soluções para problemas concretos.”

Para alcançar os objetivos desta pesquisa, é empregada uma abordagem descritiva. Moresi (2003, p. 65) descreve a pesquisa descritiva da seguinte forma:

A pesquisa descritiva expõe características de determinada população ou de determinado fenômeno. Pode também estabelecer correlações entre variáveis e definir sua natureza. Não tem compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação. Pesquisa de opinião insere-se nessa classificação.

O desenho da pesquisa é o produto final de uma série de escolhas feitas para delinear a trajetória de desenvolvimento do estudo. De acordo com Lopes et al. (2019), o desenho de pesquisa abrange elementos essenciais, especialmente em pesquisas qualitativas, como o objetivo, a unidade de análise e os critérios utilizados para interpretar os resultados.

A Figura 7 ilustra a metodologia empregada, cujas etapas são descritas a seguir.



Figura 7 - Metodologia do Estudo.

Fonte: De autoria própria.

Na etapa de pesquisa bibliográfica, o foco é reunir e analisar literatura relevante que servirá como base teórica e metodológica para o desenvolvimento da plataforma *GraphXTable*. Isso inclui a revisão de estudos sobre inteligência artificial generativa e técnicas de visualização de dados. A pesquisa bibliográfica ajuda a identificar lacunas no conhecimento atual e proporciona resultados sobre as melhores práticas e tecnologias a serem empregadas.

Após a pesquisa bibliográfica, a etapa de planejamento da pesquisa envolve a definição clara dos objetivos gerais e específicos do projeto. Esta fase inclui a elaboração de um cronograma detalhado que delinea as atividades e os prazos para cada etapa do desenvolvimento. Além disso, são identificados os recursos necessários, tanto tecnológicos quanto humanos, e estabelecidas possíveis parcerias com especialistas ou instituições que possam colaborar com a pesquisa.

A proposta do sistema é a fase inicial da investigação, onde é elaborado um protótipo inicial da plataforma *GraphXTable*. Nesta etapa, são definidas as funcionalidades principais e o fluxo de interação do usuário, garantindo que a interface seja intuitiva e eficiente. A especificação técnica das tecnologias a serem utilizadas, como *React*, *Next.js*, *Node.js*, *Express*, e as ferramentas de IA generativa, é detalhada para guiar o desenvolvimento subsequente.

Com a proposta do sistema estabelecida, inicia-se o desenvolvimento efetivo da plataforma. A criação do *frontend* utiliza *React* e *Next.js* para garantir uma interface de usuário interativa e responsiva. Simultaneamente, o *backend* é construído utilizando *Node.js* e *Express*, que gerenciam as rotas, APIs e a lógica de negócios. Nesta fase, também são integrados os algoritmos de IA generativa (como *ChatGPT* e *Gemini*) para a análise de dados e geração de gráficos, proporcionando funcionalidades avançadas à plataforma.

A fase de testes piloto envolve a realização de testes iniciais com um grupo

selecionado de usuários para identificar problemas e coletar *feedback*. Esses testes ajudam a validar as funcionalidades e o desempenho da plataforma, permitindo ajustes e refinamentos antes do lançamento final. Através dos testes piloto, é possível obter uma compreensão mais profunda de como os usuários interagem com a plataforma e onde podem existir barreiras ou dificuldades.

A última etapa envolve a análise dos resultados obtidos através dos testes pilotos e da implantação da plataforma, buscando avaliar problemas e soluções para a plataforma. Nessa fase são identificados os principais problemas encontrados e possíveis soluções, novas funcionalidades podem ser estruturadas nessa fase para futuras implementações.

4.1 Etapas de Desenvolvimento do Sistema

4.1.1 Planejamento

O planejamento é a fase inicial onde são definidos os objetivos, escopo, requisitos e cronograma do projeto. Nesta etapa, a equipe de desenvolvimento realiza reuniões para compreender as necessidades dos usuários e as funcionalidades essenciais que a plataforma deve oferecer. Além disso, são identificadas as tecnologias a serem utilizadas, estabelecendo um plano de ação detalhado que guiará todo o processo de desenvolvimento.

4.1.2 Análise de Requisitos

Durante a análise de requisitos, são coletadas e documentadas todas as especificações funcionais e não funcionais do sistema. A equipe de desenvolvimento colabora com os *stakeholders* para definir claramente o que o sistema deve fazer e quais serão suas restrições. Esta etapa é crucial para garantir que todos os aspectos do projeto sejam considerados e que o sistema atenda às expectativas dos usuários.

4.1.3 Design da Arquitetura

Nesta fase, a arquitetura do sistema é definida, incluindo a estrutura do *frontend* e *backend*, o banco de dados e os mecanismos de segurança. O design da interface do usuário (UI) também é elaborado, focando em criar uma experiência intuitiva e eficiente. Ferramentas como *wireframes* e protótipos são utilizadas para visualizar a aparência e funcionalidade do sistema antes do início do desenvolvimento.

4.1.4 Desenvolvimento da ferramenta

A etapa de desenvolvimento do *frontend* envolve a criação da interface de usuário interativa e responsiva utilizando *React* e *Next.js*. Durante essa fase, os desenvolvedores implementam as páginas principais, componentes de UI e integrações necessárias para

que os usuários possam inserir e visualizar dados de maneira intuitiva. O uso do MUI (Material-UI) ajuda a garantir que a interface tenha uma qualidade visual consistente.

Paralelamente ao desenvolvimento do *frontend*, o *backend* é construído utilizando Node.js e Express. Esta etapa envolve a criação de APIs robustas que suportam a comunicação entre o *frontend* e o *backend*, gerenciamento de rotas, e a implementação de lógica de negócio. O *PrismaORM* é utilizado para gerenciar a interação com o banco de dados MySQL, garantindo eficiência e escalabilidade no armazenamento e recuperação de dados.

4.1.5 Integração de IA Generativas

Nesta etapa, são integradas as tecnologias de IA generativas, como *ChatGPT* e *Gemini*, para fornecer recomendações avançadas aos usuários. Os algoritmos de IA são configurados para processar os dados fornecidos pelos usuários e gerar gráficos estatísticos e recomendações personalizadas. A integração é feita de forma modular, permitindo flexibilidade na escolha e atualização das ferramentas de IA utilizadas. A Figura 8 mostra as etapas de desenvolvimento.

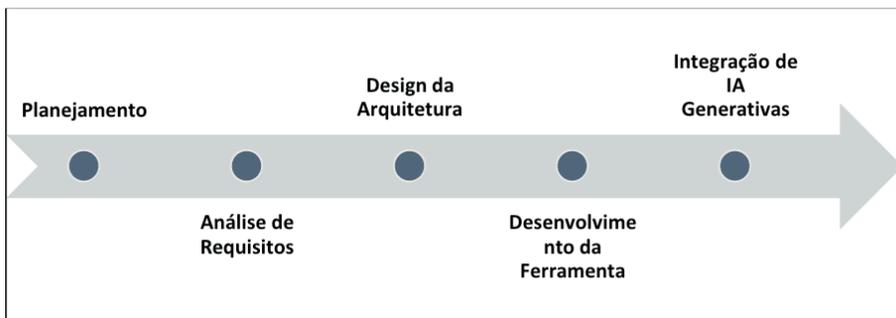


Figura 8 - Etapas de desenvolvimento do sistema

Fonte: De autoria própria.

5 | TESTES E RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados do teste piloto realizado com a plataforma *GraphXTable*, buscando avaliar sua eficácia na melhoria da análise de dados em comparação com métodos tradicionais. O estudo envolveu 20 participantes, divididos em dois grupos, que utilizaram abordagens diferentes para realizar tarefas de análise de dados (Tabela 1).

A partir dos dados coletados, as hipóteses de pesquisa foram testadas, e uma análise empírica foi conduzida, utilizando testes estatísticos não paramétricos e comparações visuais com *boxplots*. O objetivo foi determinar se a plataforma proporciona benefícios mensuráveis na eficiência, precisão e usabilidade para os usuários.

5.1 Hipóteses

- **Hipótese nula (H0):** O uso da plataforma GraphXTable não melhora significativamente a eficiência da análise de dados em comparação com métodos tradicionais de análise de dados (ex.: planilhas).
- **Hipótese alternativa (H1):** O uso da plataforma GraphXTable melhora significativamente a eficiência da análise de dados em comparação com métodos tradicionais.

5.2 Desenho Empírico

- **Grupo de Participantes:**
 - O teste piloto foi realizado com 20 participantes, variando em níveis de experiência com análise de dados. Os participantes foram divididos em dois grupos de 10 pessoas: o Grupo A (Controle) e o Grupo B (Experimental).
- **Procedimentos:**
 - **Grupo A (Controle):** Realizou as análises de dados utilizando métodos tradicionais, como planilhas (Excel ou *Google Sheets*).
 - **Grupo B (Experimental):** Utilizou a plataforma *GraphXTable* para realizar as mesmas análises de dados.
- **Medição dos Resultados:**
 - **Tempo de conclusão:** O tempo necessário para completar a análise de dados foi registrado para cada participante.
 - **Precisão dos insights:** Os insights gerados por cada participante foram avaliados quanto à sua precisão, considerando a correta interpretação dos dados e a clareza das visualizações.
 - **Facilidade de uso:** Todos os participantes completaram questionários de usabilidade, como o **System Usability Scale (SUS)**, para avaliar a facilidade de uso percebida nas ferramentas.

| Participante | Grupo | Tempo de Execução | Precisão | SUS |
|--------------|-------|-------------------|----------|-----|
| P1 | A | 49:47.00 | 94 | 96 |
| P2 | A | 44:36.00 | 96 | 88 |
| P3 | A | 57:57.00 | 89 | 92 |
| P4 | A | 60:06.00 | 74 | 73 |
| P5 | A | 54:57.00 | 92 | 99 |
| P6 | A | 39:13.00 | 97 | 92 |
| P7 | A | 56:38.00 | 79 | 73 |
| P8 | A | 24:16.00 | 99 | 74 |
| P9 | A | 50:17.00 | 81 | 50 |
| P10 | A | 54:31.00 | 83 | 72 |
| P11 | B | 45:13.00 | 92 | 74 |
| P12 | B | 66:49.00 | 95 | 91 |
| P13 | B | 38:03.00 | 81 | 92 |
| P14 | B | 56:12.00 | 83 | 53 |
| P15 | B | 39:11.00 | 75 | 68 |
| P16 | B | 56:02.00 | 99 | 98 |
| P17 | B | 61:04.00 | 86 | 70 |
| P18 | B | 44:12.00 | 80 | 94 |
| P19 | B | 50:29.00 | 79 | 84 |
| P20 | B | 45:18.00 | 92 | 82 |

Tabela 1 –Resultados da Medição dos participantes

Para validar os resultados e testar as hipóteses, foram utilizados testes estatísticos não paramétricos, adequados devido ao tamanho amostral e à distribuição dos dados:

- **Teste de Mann-Whitney U:** Foi aplicado para comparar o tempo de conclusão das tarefas entre o Grupo A e o Grupo B, buscando identificar diferenças significativas.
- **Teste Qui-quadrado:** Aplicado para comparar a precisão dos insights entre os grupos, categorizando as respostas em níveis de acerto e clareza.
- **Teste de Wilcoxon:** Utilizado para comparar os resultados das escalas de usabilidade (SUS), verificando a percepção de facilidade de uso entre os grupos.

Os resultados obtidos a partir do **Teste de Mann-Whitney U** indicam que não houve uma diferença significativa no tempo de conclusão das tarefas entre o Grupo A (que utilizou métodos tradicionais de análise) e o Grupo B (que utilizou a plataforma GraphXTable). Com uma estatística U de 38,5 e um p-valor de 0,132, que é maior que o nível de significância de 0,05, não se pode rejeitar a hipótese nula. Isso sugere que, embora a plataforma tenha sido projetada para melhorar a eficiência na análise de dados, o impacto em termos de tempo de execução das tarefas não foi significativamente diferente dos métodos tradicionais neste teste piloto.

Da mesma forma, o **Teste Qui-quadrado** revelou que não houve uma associação estatisticamente significativa entre os grupos em relação à precisão dos insights gerados.

A estatística Qui-quadrado foi de 3,54 com um p-valor de 0,170, o que também não é suficiente para rejeitar a hipótese nula.

Além disso, o **Teste de Wilcoxon** aplicado às pontuações de usabilidade (SUS) mostrou um p-valor de 0,109, indicando que a percepção de facilidade de uso entre os grupos A e B não apresentou uma diferença estatisticamente significativa. Esses resultados sugerem que, embora a GraphXTable ofereça benefícios potenciais, mais estudos e ajustes são necessários para explorar como a plataforma pode influenciar de maneira mais significativa a eficiência e a qualidade das análises de dados em comparação aos métodos tradicionais.

Os boxplots gerados para o tempo de conclusão (Figura 9) e a usabilidade (Figura 10) fornecem uma comparação clara entre o Grupo A (métodos tradicionais) e o Grupo B (GraphXTable). No box plot do **tempo de conclusão**, observa-se que o Grupo B, que utilizou a plataforma GraphXTable, apresentou uma leve tendência de tempos de conclusão menores em comparação com o Grupo A, que usou métodos tradicionais, embora a sobreposição nos intervalos de valores mostre que essa diferença não é significativa. No box plot da **usabilidade (SUS)**, o Grupo B apresentou pontuações de usabilidade ligeiramente superiores ao Grupo A, indicando que os participantes acharam a plataforma GraphXTable mais fácil de usar. No entanto, como os valores de ambos os grupos apresentam alguma sobreposição, a diferença também não parece ser estatisticamente significativa. Esses gráficos corroboram os resultados estatísticos, sugerindo que a plataforma oferece uma leve vantagem, mas sem uma diferença marcante em relação aos métodos tradicionais.

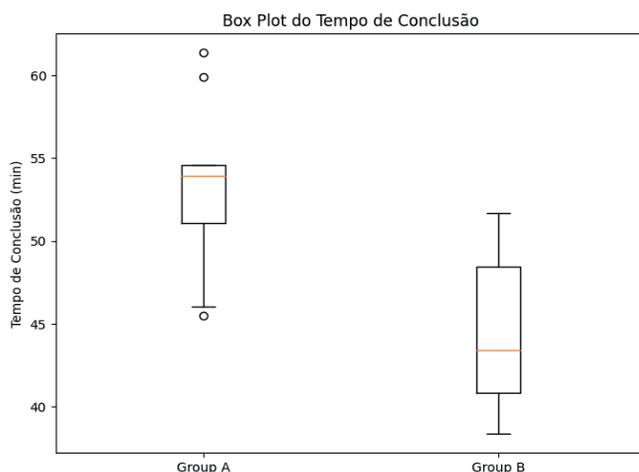


Figura 9 – Boxplot do Tempo de Conclusão

Fonte: De autoria própria.

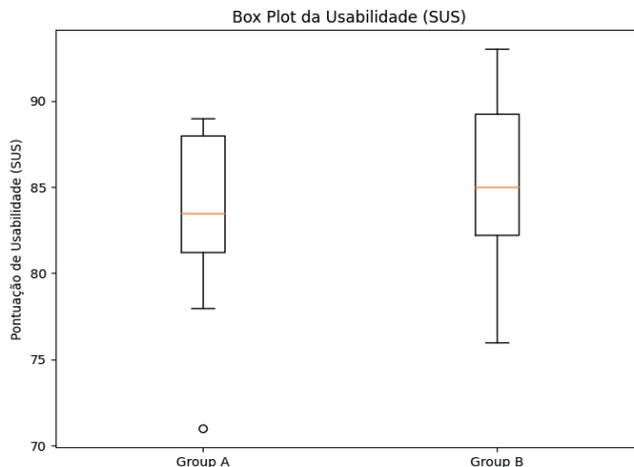


Figura 10 – Boxplot da Usabilidade (SUS)

Fonte: De autoria própria.

6 | CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo indicam que a plataforma **GraphXTable** apresenta um desempenho semelhante aos métodos tradicionais de análise de dados em termos de tempo de conclusão e precisão dos insights. Embora os participantes que utilizaram a plataforma tenham demonstrado uma leve redução no tempo de conclusão e uma percepção de maior facilidade de uso, essas diferenças não foram estatisticamente significativas, sugerindo que a GraphXTable ainda precisa de melhorias para oferecer uma vantagem clara sobre as abordagens convencionais. Apesar disso, a plataforma se mostrou eficaz na geração automatizada de gráficos estatísticos e no suporte à tomada de decisões, facilitando a análise de dados, especialmente para usuários que buscam simplificação e agilidade no processo.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de estudos com uma amostra maior e mais diversificada de participantes, a fim de obter resultados mais robustos e representativos. Além disso, seria interessante explorar novos recursos e melhorias na interface da **GraphXTable**, incorporando feedback contínuo dos usuários para otimizar a experiência e melhorar a eficiência nas análises. Outra linha de pesquisa seria o desenvolvimento de novas funcionalidades baseadas em inteligência artificial, como a recomendação automática de insights e a previsão de tendências a partir dos dados inseridos, ampliando ainda mais as capacidades da plataforma e tornando-a uma ferramenta ainda mais valiosa para análise de dados e suporte à decisão.

REFERÊNCIAS

ANTÃO, G. A. d. O. et al. **Design e as inteligências artificiais gerativas: uma revisão sistemática de literatura**. Blucher Design Proceedings, Blucher Proceedings, v. 12, n. 1, p. 231–245, 2023.

CAO, Y. et al. A comprehensive survey of ai-generated content (aigc): **A history of generative ai from gan to chatgpt**. arXiv preprint arXiv:2303.04226, 2023.

CERVO, A.; BERVIAN, P. **Metodologia Científica**. 5. ed.. ed. Sao Paulo: Prentice Hall, 2010.

COSTIGAN-EAVES, P.; MACDONALD-ROSS, M. WILLIAM PLAYFAIR (1759-1823). **Statistical Science**, vol. 5, nº 3, p. 318-326, ago. 1990.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. Atualizada edição 19. São Paulo: Saraiva Uni, 2009.

FERNANDES, R. **Articulação entre o Letramento Estatístico de Gal e a compreensão gráfica de Curcio para a formação de professores no âmbito da educação estatística**. 2020. Tese (Doutorado). Ponta Grossa. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.

LOPES, A. et al. **Improving students skills to solve elementary equations in k-12 programs using an intelligent tutoring system**. 2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 2019.

MORESI, E. **Metodologia de Pesquisa**. [S.l.], 2003. Disponível em: <http://www.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/metodologia_da_pesquisa.pdf>.

MOTTA, I. dos S.; ANDRADE, T. L.; ALVES, J. R.. **A Utilização Do Chat Gpt Para Desenvolvimento Das Aplicações Web**. 2023.

RAUTENBERG, S.; CARMO, P. R. V. do. **Big data e ciência de dados: complementariedade conceitual no processo de tomada de decisão**. Brazilian Journal of Information Science: research trends, Marília, SP, v. 13, n. 1, p. 56–67, 2019. DOI: 10.36311/1981-1640.2019.v13n1.06.p56. Disponível em: <https://revistas.marilia.unesp.br/index.php/bjis/article/view/8315>. Acesso em: 6 abr. 2024.

SAG, M. **Copyright safety for generative AI**. Forthcoming in the Houston Law Review, 2023.

SPENCE, I. William Playfair and the Psychology of Graphs. In: **Joint Statistical Meetings**. Proceedings of the American Statistical Association, Section on Statistical Graphics. [S. l.]: American Statistical Association, 2006. p. 2426-2436.

SRINIVASAN, R.; UCHINO, K. **Biases in generative art: A causal look from the lens of art history**. In: Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency. [S.l.: s.n.], 2021. p. 41–51

WAINER, H. **Visual Revelations: Why Playfair?** CHANCE 9, no. 2 (1996): 43–52. doi:10.1080/09332480.1996.10555002.

AVALIAÇÃO DE MÉTRICAS DE USABILIDADE E UX EM APLICATIVOS DE TRANSPORTE PÚBLICO: UM ESTUDO DE CASO DO 'CADÊ MEU ÔNIBUS'

Data de submissão: 02/10/2024

Data de aceite: 01/11/2024

Esther Santos do Nascimento Lemos

<http://lattes.cnpq.br/1030702474041609>

Fabiann Matthaus Dantas Barbosa

<http://lattes.cnpq.br/3769505772789674>

Joethe Moraes de Carvalho

<http://lattes.cnpq.br/8157292652509113>

Kleverton dos Santos Cabral

<http://lattes.cnpq.br/1196576652974820>

RESUMO: Esta pesquisa tem como objetivo avaliar as métricas de usabilidade e a experiência do usuário (UX) no aplicativo de transporte público “Cadê Meu Ônibus” em Manaus. A investigação será estruturada em três etapas principais: (a) uma pesquisa exploratória com revisão da literatura, (b) uma avaliação pragmática, utilizando métodos como análise de produtos similares, grupos focais, questionários de perfil dos participantes e testes de usabilidade, e (c) uma avaliação hedônica, explorando atributos percebidos pelos usuários através de um questionário de diferencial semântico. Participarão do estudo usuários de diferentes faixas etárias e níveis de familiaridade com aplicativos

de transporte público. Espera-se que os resultados revelem a eficácia e eficiência do aplicativo, bem como a satisfação dos usuários em relação à estética e aspectos emocionais da interface. A pesquisa culminará na proposição de diretrizes para o aprimoramento de interfaces de aplicativos de transporte público, visando melhorar a experiência do usuário e a usabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Aplicativos, Dispositivos Móveis, Usabilidade, IHC, Transporte público e Mobilidade Urbana.

ABSTRACT: This research aims to evaluate the usability metrics and user experience (UX) of the public transportation app “Cadê Meu Ônibus” in Manaus. The investigation will be structured into three main phases: (a) an exploratory study with a literature review, (b) a pragmatic evaluation using methods such as the analysis of similar products, focus groups, participant profile questionnaires, and usability tests, and (c) a hedonic evaluation exploring user-perceived attributes through a semantic differential questionnaire. The study will involve participants from different age groups and levels of familiarity with public transportation apps. The results are expected to reveal the app’s effectiveness and efficiency, as well as

user satisfaction regarding the interface's aesthetics and emotional aspects. The research will culminate in proposing guidelines for enhancing public transportation app interfaces, aiming to improve user experience and usability.

KEYWORDS: Applications, Mobile Devices, Usability, HCI, Public Transport and Urban Mobility.

1 | INTRODUÇÃO

No cenário contemporâneo, as tecnologias digitais desempenham um papel crucial na transformação e melhoria de diversas áreas da sociedade. Desde a comunicação até a educação, passando pela saúde e o entretenimento, as inovações tecnológicas têm facilitado a vida cotidiana e impulsionado a eficiência em inúmeros setores (SANTOS; ALMEIDA; ZANOTELLO, 2018).

Com o advento dos smartphones e a popularização dos aplicativos móveis, os serviços têm se tornado cada vez mais acessíveis, personalizáveis e centrados no usuário. Esses avanços tecnológicos não apenas proporcionam novas formas de interação e engajamento, mas também promovem soluções práticas para problemas antigos, como a mobilidade urbana (HICKMAN *et al.*, 2013)

No contexto da mobilidade urbana, conforme Godin *et al.* (2003) os aplicativos móveis têm se mostrado ferramentas valiosas para aprimorar a experiência dos usuários de transporte público. Aplicativos como o 'Cadê Meu Ônibus' em Manaus exemplificam essa tendência, oferecendo informações em tempo real sobre a localização dos veículos, horários de chegada e possíveis atrasos. Essas funcionalidades não apenas aumentam a conveniência e a confiabilidade do transporte público, mas também contribuem para uma gestão mais eficiente dos recursos de transporte.

Diante desse cenário, é essencial promover formas de garantir que a Experiência do Usuário (UX) com um aplicativo seja positiva. No entanto, os aspectos atitudinais, perceptivos e emocionais dos usuários antes, durante e após o uso de um sistema interativo nem sempre são devidamente considerados no desenvolvimento de interfaces, o que pode resultar em insatisfação com o produto. Assim, compreender quais fatores contribuem para a interação e de que maneira ela ocorre torna-se crucial no processo de criação de produtos digitais que atendam às necessidades específicas de cada público (JUNIOR, 2016).

Considerando esses fatores, esta pesquisa se propõe a avaliar os problemas existentes na experiência de uso das interfaces de aplicativos de mobilidade urbana, com ênfase nos sistemas móveis de informação de transporte público de passageiros. Embora a literatura aborde amplamente os aspectos técnicos relacionados à experiência de uso e usabilidade de aplicativos de mobilidade urbana sob diferentes perspectivas, como evidenciado nos estudos de Rodilha (2020), Handte *et al.* (2016), Françoso e Mello (2016) e Araújo *et al.* (2018), este trabalho busca realizar uma análise municipal, focando na experiência dos usuários no contexto de Manaus.

O objetivo desta pesquisa é avaliar as métricas de usabilidade e experiência do usuário (UX) no aplicativo de transporte público ‘Cadê Meu Ônibus’ em Manaus, com o intuito de propor melhorias que aumentem a satisfação e a eficiência no uso do serviço pelos usuários. A questão que orienta este estudo é: *Como os elementos gráficos das interfaces, seus comportamentos e modelos de interação em aplicativos de mobilidade urbana com foco em informações de transporte público afetam positiva ou negativamente a Experiência do Usuário?*

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Impacto da Mobilidade Urbana Digital nas Cidades

A Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012, define mobilidade urbana como a condição que possibilita o deslocamento de pessoas e cargas dentro dos centros urbanos (BRASIL, 2012, Art. 4º, II). Essa definição é essencial para a execução de projetos e políticas que se concentram na eficiência e capacidade operacional dos sistemas de transporte.

A mobilidade urbana de acordo com Vargas (2008, apud Souza e Pasqualetto, 2013, p. 322) afirma que:

“[...] a capacidade de deslocamento de pessoas e bens no espaço urbano para a realização de suas atividades cotidianas (trabalho, abastecimento, educação, saúde, cultura, recreação e lazer), num tempo considerado ideal, de modo confortável e seguro.

Entretanto, a implementação efetiva de políticas de mobilidade enfrenta desafios significativos, intensificados pelo crescimento populacional acelerado e pela deficiência das infraestruturas de transporte (CARVALHO, 2016, p. 8). Carvalho destaca a complexidade desses problemas, que são agravados pela expansão demográfica e pela insuficiência da infraestrutura existente.

Manaus oferece um exemplo claro desses desafios, pois a mobilidade urbana na cidade continua sendo um grande desafio para seus habitantes (PONTES et al., 2022). A expansão desordenada da mancha urbana na cidade, ocorrida a uma taxa mais rápida do que o crescimento populacional, resultou na diminuição da densidade demográfica e no aumento da extensão das viagens.

De acordo com Da Silva e De Matos (2016), a falta de planejamento adequado concentra o fluxo de veículos em vias estreitas e tortuosas, comprometendo os níveis de mobilidade urbana. Essa situação mostra como os problemas estruturais e a falta de planejamento adequado podem piorar a situação da mobilidade urbana. Isso mostra que são necessárias soluções inovadoras para melhorar a eficiência e a qualidade do transporte público.

2.2 Experiência de Usuário e Usabilidade

Na atualidade, os projetos de design têm cada vez mais incorporado a Experiência do Usuário (UX) na criação de artefatos, tanto físicos quanto digitais. De acordo com os estudos de Redstrom (2006), a visão sobre a experiência no design mudou de um enfoque na funcionalidade e simplicidade de uso para um enfoque mais voltado para as experiências subjetivas dos usuários.

A ISO 9241-210 define a Experiência do Usuário (UX) como a percepção de uma pessoa durante o uso de um produto, sistema ou serviço, abrangendo as impressões antes, durante e após a experiência. A UX possibilita uma compreensão holística dos fatores relacionados ao usuário, transcendendo a relação instrumental do indivíduo com os artefatos digitais e incorporando aspectos subjetivos do comportamento humano (JUNIOR, 2016, p. 22). A usabilidade, por sua vez, está intrinsecamente relacionada à UX. Segundo a ISO 9241-11, ela envolve a facilidade de uso de um produto em um contexto específico, garantindo eficácia, eficiência e satisfação ao realizar tarefas. Exemplificada na figura 1:

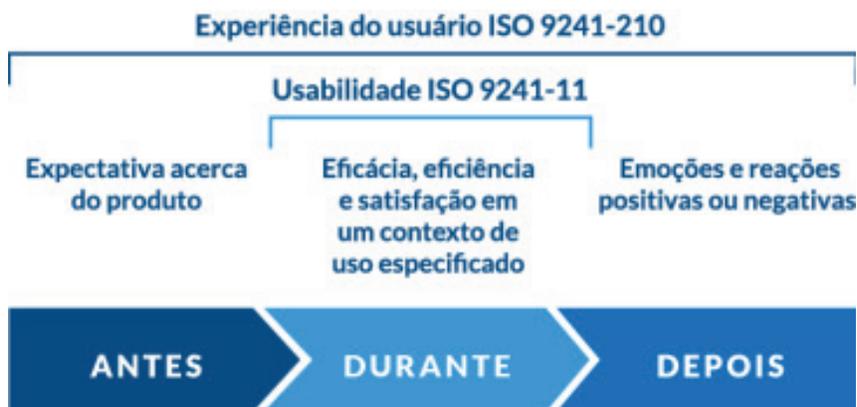


Figura 1 - Definição de Experiência do Usuário ISO 9241-210

Fonte: adaptado de Gonçalves (2011, apud. CASTRO JUNIOR, 2016).

Nielsen (1993) descreve cinco atributos essenciais da usabilidade: eficiência, facilidade de aprendizado, memorização, satisfação e prevenção de erros. Santa Rosa (2021) ressalta que a usabilidade pode ser percebida de formas diferentes: a usabilidade real durante o uso (usabilidade inerente), a facilidade antecipada antes do uso (usabilidade aparente) e as impressões formadas após a interação (usabilidade percebida).

Por fim, o planejamento da usabilidade e da UX no desenvolvimento de artefatos digitais visa criar estímulos sensoriais positivos, resultando em experiências significativas para os usuários (DE CASTRO, 2019).

3 | APLICATIVO CADÊ MEU ÔNIBUS

3.1 Descrição

O ‘Cadê Meu Ônibus’ é um aplicativo para celular que visa fornecer informações sobre o transporte público de Manaus em tempo real. O aplicativo, que foi lançado em janeiro de 2017, visa melhorar a experiência do usuário fornecendo dados atualizados sobre a localização dos ônibus e horários de chegada. Tem recebido atualizações regulares desde o lançamento para atender às demandas da população manauara e melhorar a mobilidade urbana. Mais de três milhões de pessoas instalaram o aplicativo ‘Cadê Meu Ônibus’ e, de acordo com o G1 (2022), “o aplicativo já foi baixado por mais de 3 milhões de pessoas e possui cerca de 400 mil usuários ativos”.

O aplicativo se tornou uma ferramenta vital para ajudar os moradores de Manaus a planejar melhor suas viagens. O objetivo é reduzir o tempo de espera dos usuários do transporte coletivo e o tempo gasto em paradas de ônibus. Isso reduz a probabilidade de assaltos e permite que os usuários aproveitem melhor o tempo de espera. Ao longo dos últimos sete anos desde o lançamento, o ‘Cadê Meu Ônibus’ ampliou suas funcionalidades, adicionando novas opções e melhorias para atender às demandas dos usuários que cresceram.

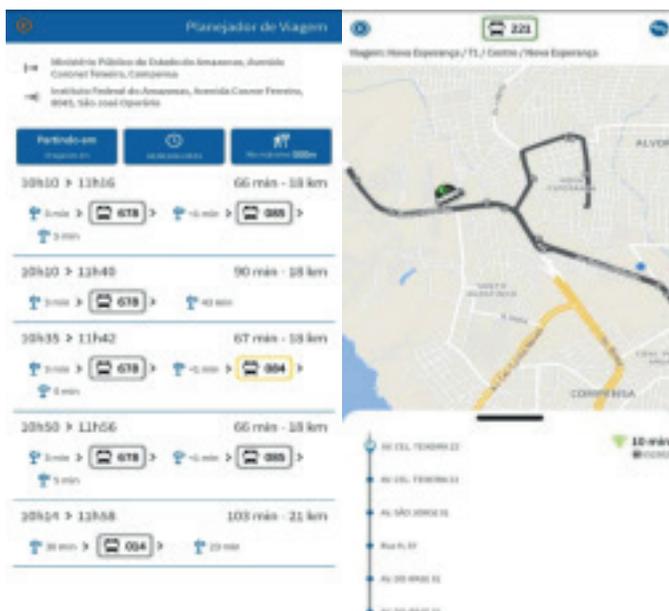


Figura 2 – Interface Aplicativo Cadê meu Ônibus

Fonte: App Cadê meu Ônibus

3.2 Principais funcionalidades:

- **Localização em Tempo Real:** mostra a localização do ônibus do usuário em tempo real.
- **Consulta à Grade Horária:** permite que você consulte a grade horária das linhas que operam na cidade. Mostra quando o ônibus sai da estação.
- **Localização de Pontos de Parada:** O mapa da cidade mostra onde estão os pontos de parada de ônibus.

4 | METODOLOGIA

Menezes et al. (2019) definem pesquisa como um estudo sistemático e racional que resulta em novos conhecimentos. Silva e Menezes (2001) classificam esta pesquisa como aplicada, visando resolver problemas práticos. A abordagem mista integra métodos qualitativos e quantitativos, considerando tanto a subjetividade dos participantes quanto a análise de variáveis generalizáveis Muratovsky (2016). A pesquisa é exploratória, caracterizada por um planejamento flexível Gil (2002), e adota uma perspectiva construtivista, buscando entender significados subjetivos das experiências culturais e sociais dos indivíduos Creswell (2010). Os procedimentos seguem o método Design Science Research, que avalia a eficácia de um artefato criado para resolver um problema real, Fuller (1995) e Gregory (1996). Figura 3.



Figura 3 - Síntese metodológica da pesquisa.

Fonte: Autora (2024).

A etapas metodológicas da pesquisa foi feita perante três fases distintas: a fase exploratória (Revisão da Literatura); a Avaliação Pragmática e a Avaliação Hedônica,

Figura 4:



Figura 4. Sistematização metodológica da pesquisa.

Fonte: Autora (2024).

4.1 Fase exploratória: Revisão da Literatura

A fundamentação teórica deste trabalho será elaborada por meio de uma pesquisa bibliográfica, que envolverá o levantamento de dados para contextualizar o objeto de estudo. Conforme descrito por Gil (2002), a pesquisa bibliográfica será realizada com base em materiais já existentes. Neste estudo, serão utilizados livros, dissertações e artigos científicos publicados em periódicos acadêmicos. A maioria das fontes será acessada em formato digital, obtida através de pesquisas online em repositórios científicos, como *ScienceDirect*, *Google Acadêmico* e *Scopus*, por meio do portal de periódicos da CAPES.

4.2 Avaliação Pragmática

Nesta pesquisa a avaliação dos atributos pragmáticos estão relacionados à usabilidade (acesso às funcionalidades) e utilidade (relevância das funcionalidades) do aplicativo em estudo. Desta forma, será avaliado como a aplicação 'cadê meu ônibus' permite que seus usuários realizem objetivos práticos.

Para os procedimentos desta fase de avaliação, será feito um planejamento de condução das técnicas de coletas de dados, que se subdividem nos seguintes passos: (I) Caracterização do aplicativo de estudo do trabalho, que se configura pelas plataformas mobile de mobilidade urbana: cadê meu ônibus. (II) Definição do perfil dos participantes das avaliações; nesta etapa serão recrutados como possíveis participantes moradores de Manaus-AM, divididos em três subgrupos específicos: (a) primeira amostra, indivíduos

nascidos entre 1965 a 1981 (geração X), (b) segunda amostra, usuários nascidos entre 1982 a 1994 (geração Y) e (c) terceira amostra, usuários nascidos entre 1995 a 2010 (geração Z). Esses grupos serão identificados por meio de um questionário de perfil dos participantes. (III) O recrutamento dos participantes dos ensaios será feito por abordagem oral em espaços públicos, no qual será apresentada a pesquisa e o convite para colaborar com o estudo. (IV) Definição dos indicadores a serem coletados a partir das técnicas pré-definidas.

Para realização dos ensaios serão elaborados os seguintes materiais de condução da etapa: roteiro de perguntas do grupo focal; questionário de perfil dos participantes; e roteiro de tarefas do Teste de Usabilidade para os participantes e aplicador.

4.2.1 Análise de Similares

De acordo com Pazmino (2015), a Análise de Similares é uma prática estratégica em projetos de design, cujo objetivo é identificar aspectos comuns em produtos que compartilham a mesma função. Baxter (2000) explica que a análise de produtos concorrentes visa destacar necessidades dos usuários que ainda não foram plenamente atendidas.

No contexto desta pesquisa, a Análise de Similares envolverá a caracterização dos elementos gráficos da interface do aplicativo 'cadê meu ônibus' com outras aplicações similares. Após a caracterização e compreensão da navegação nessas plataformas, será realizada uma avaliação comparativa entre os aplicativos, levando em conta critérios funcionais definidos a partir das funcionalidades presentes nos sistemas analisados em comparação ao aplicativo de estudo.

4.2.2 Grupo Focal

Segundo Morgan (1996), o Grupo Focal é utilizado como uma técnica de coleta de dados, onde um debate em grupo sobre um tema específico é conduzido por um moderador. O Grupo Focal adota uma abordagem qualitativa, com o objetivo de investigar as percepções dos participantes, obter suas opiniões em estudos iniciais e gerar informações adicionais para um estudo em maior escala (FREITAS et al., 1998).

Nesta pesquisa, o Grupo Focal terá como objetivo geral captar as expectativas dos usuários em relação ao aplicativo em estudo para transporte público antes da realização do Teste de Usabilidade, além de auxiliar na escolha dos adjetivos para as escalas de Diferencial Semântico, com base nos depoimentos dos participantes.

4.2.3 Questionário de Perfil dos Participantes

O questionário de Perfil dos Participantes é uma ferramenta utilizada para traçar a descrição sócio demográfica dos usuários de um produto ou sistema, além de avaliar o nível de experiência deles com o produto e sua receptividade a novas tecnologias (SANTA

ROSA, 2021).

Na presente pesquisa, o questionário será desenvolvido utilizando a plataforma online *Google Forms* e aplicado juntamente com o Teste de Usabilidade. As perguntas do questionário serão direcionadas para coletar dados sobre o perfil dos participantes do Teste de Usabilidade, suas habilidades anteriores com a aplicação e suas necessidades durante o uso do aplicativo de informação sobre transporte público.

4.2.4 Testes de Usabilidade

Santa Rosa (2021, p. 23) explica que o Teste de Usabilidade é conduzido “com participantes que possuem perfis representativos do público-alvo”. Dependendo dos recursos disponíveis e dos objetivos do teste, ele pode ser realizado em ambientes contextualizados ou em laboratórios controlados com tecnologia avançada, variando em complexidade. No enfoque tradicional, o Teste de Usabilidade é realizado em um ambiente controlado, onde os participantes, selecionados com perfis previamente estabelecidos, realizam tarefas específicas para a análise de métricas da pesquisa (RUBIN, CHINSELL, 2008).

Neste estudo, tanto o desempenho quanto as preferências dos usuários em sua interação com o sistema são considerados. Para avaliar o desempenho nas tarefas realizadas, será fundamental utilizar métricas mensuráveis. Nesse sentido, Queiroz (2001) propôs cinco indicadores que auxiliam no processo: (i) o tempo necessário para executar a tarefa; (ii) o número de erros cometidos; (iii) o número de erros repetidos; (iv) o número de opções incorretas escolhidas; e (v) o número de vezes em que a ajuda foi consultada. Esses indicadores servirão como base para o desenvolvimento desta etapa

4.3 Avaliação Hedônica

As qualidades hedônicas de um sistema referem-se aos atributos percebidos pelos usuários, incluindo seus aspectos emocionais e subjetivos. A avaliação da fase hedônica visa compreender a relação de prazer (ou a falta dele) que o indivíduo experimenta ao interagir com o artefato.

Nesta pesquisa, a Avaliação Hedônica será realizada utilizando uma escala de Diferencial Semântico após os Testes de Usabilidade, com o objetivo de avaliar as percepções dos usuários sobre o sistema testado. Essa mesma ferramenta será aplicada na fase pragmática, antes do Teste de Usabilidade, para entender as expectativas e a usabilidade percebida pelos usuários em relação ao aplicativo estudado.

As escalas de Diferencial Semântico funcionam pela distinção de pares antagônicos de adjetivos (i.e. “satisfeito” e “insatisfeito”) inseridos nas extremidades de uma escala de pontos (ALMEIDA et al. 2014). De acordo com Mattos (2017), as escalas bipolares

utilizadas podem variar entre cinco a sete pontos de ancoragem. Cada ponto na escala possui uma importância significativa, com o intervalo central representando o ponto de origem ou neutro. A avaliação dessas escalas é conduzida através de uma abordagem quantitativa, analisando os valores médios e a análise fatorial (SANTA ROSA et al., 2014).

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados dos Testes de Usabilidade

Foram conduzidos testes de usabilidade com uma amostra de 20 usuários divididos em três faixas etárias: Geração X (nascidos entre 1965-1981), Geração Y (nascidos entre 1982-1994), e Geração Z (nascidos entre 1995-2010). O principal objetivo foi avaliar a eficiência, eficácia e a satisfação na utilização do aplicativo “Cadê Meu Ônibus”.

5.1.1 Tempo de Execução das Tarefas

Os participantes foram solicitados a realizar tarefas comuns dentro do aplicativo, como verificar a localização de um ônibus em tempo real e consultar a grade horária de uma linha. O tempo médio de execução das tarefas foi de 1,8 minutos, com variação entre 1,2 e 2,5 minutos, dependendo da familiaridade do usuário com o aplicativo.

- Geração X: 2,2 minutos (média)
- Geração Y: 1,6 minutos (média)
- Geração Z: 1,3 minutos (média)

Os usuários mais jovens (Geração Z) mostraram maior agilidade na execução das tarefas, possivelmente devido à maior familiaridade com aplicativos móveis. O gráfico *boxplot* (Figura 5) representa a distribuição dos tempos de execução das tarefas para cada geração (Geração X, Y, e Z). O gráfico mostra as variações no tempo de execução, com as gerações mais jovens (Y e Z) tendendo a completar as tarefas mais rapidamente que a Geração X. Isso visualiza as diferenças de desempenho entre os grupos etários de maneira clara.

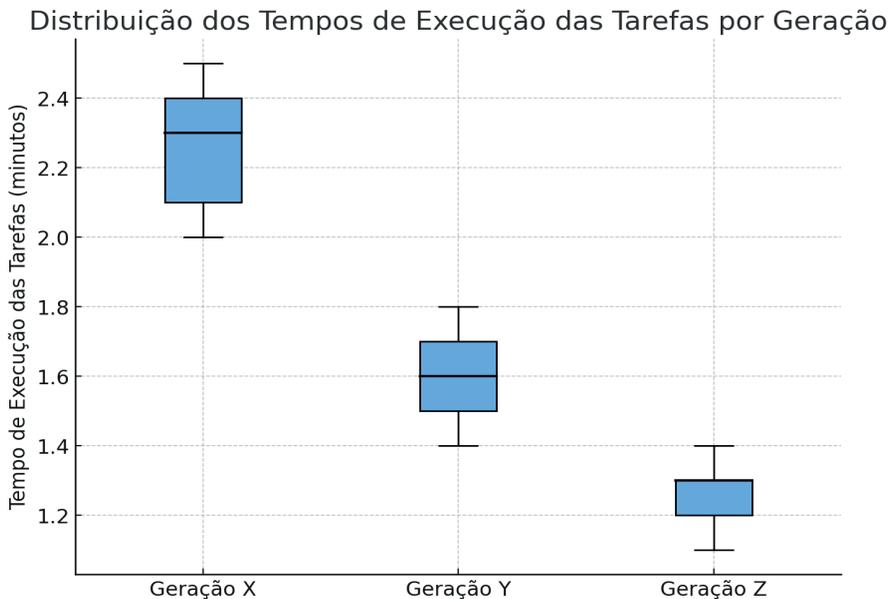


Figura 5. Distribuição Dos Tempos De Execução Das Tarefas Por Geração

5.1.2 Número de Erros Cometidos

Em média, os participantes cometeram poucos erros durante o uso do aplicativo. A maioria dos erros estava relacionada à dificuldade de identificar algumas funcionalidades específicas, como a localização de pontos de parada.

- Geração X: 4 erros em média por usuário
- Geração Y: 2 erros em média por usuário
- Geração Z: 1 erro em média por usuário

Os usuários da Geração X apresentaram maior dificuldade, principalmente na navegação inicial e na localização dos pontos de ônibus no mapa.

5.2 Satisfação dos Usuários

Após a realização dos testes de usabilidade, os usuários foram convidados a preencher um questionário baseado em uma escala de diferencial semântico. A maioria relatou uma experiência positiva com o aplicativo, destacando a funcionalidade de localização em tempo real como a mais útil.

5.2.1 Análise Hedônica

A avaliação hedônica mediu as percepções emocionais dos usuários em relação

ao uso do aplicativo. Os resultados indicaram uma satisfação geral com a interface e a funcionalidade do aplicativo, com a maioria dos usuários relatando uma experiência de uso agradável. Os adjetivos mais frequentemente associados ao aplicativo foram “útil”, “confiável” e “fácil de usar”.

Os resultados do teste de usabilidade mostram que o aplicativo “Cadê Meu Ônibus” cumpre de maneira eficiente suas funções principais. O tempo de resposta rápido e a facilidade de navegação para a maioria dos usuários indicam que a interface é adequada, especialmente para as gerações mais jovens (Y e Z). No entanto, a Geração X apresentou mais dificuldades, sugerindo que melhorias na acessibilidade e nas instruções visuais podem aumentar a eficiência para usuários menos experientes com tecnologia.

Além disso, a funcionalidade de localização em tempo real foi elogiada por quase todos os usuários, destacando-se como um fator de conveniência e segurança para o transporte público. O número reduzido de erros também indica que o aplicativo é robusto e evita frustrações comuns em interfaces mal projetadas.

6 | CONCLUSÃO

A pesquisa proposta espera contribuir significativamente para o campo de usabilidade e experiência do usuário (UX) em aplicativos de transporte público, particularmente no contexto de Manaus. Através das etapas já desenvolvidas, como a pesquisa bibliográfica e o planejamento metodológico, foi possível estruturar uma abordagem robusta que permitirá uma análise detalhada do aplicativo “Cadê Meu Ônibus”.

Portanto, esta proposta de pesquisa não apenas busca identificar problemas existentes no aplicativo “Cadê Meu Ônibus”, mas também fornecer soluções práticas que possam ser implementadas em futuras atualizações do sistema. Além disso, os resultados poderão servir de referência para o desenvolvimento de outros aplicativos de mobilidade urbana em diferentes contextos, promovendo um transporte público mais acessível e eficiente, contribuindo assim para a qualidade de vida dos usuários e a sustentabilidade das cidades.

Espera-se que os resultados revelem resultados sobre a eficácia, eficiência e satisfação dos usuários ao utilizarem o aplicativo, proporcionando uma compreensão profunda das necessidades e expectativas dos diferentes grupos de usuários. As etapas já realizadas incluem a identificação das áreas teóricas principais e a definição dos perfis de participantes que serão envolvidos nos testes de usabilidade e na avaliação hedônica. A próxima fase envolverá a condução dos grupos focais e dos testes de usabilidade, seguidos pela análise dos dados coletados.

Esta análise permitirá a proposição de diretrizes específicas para o aprimoramento da interface do aplicativo, com o objetivo de melhorar a experiência do usuário e a usabilidade do sistema. Portanto, esta proposta de pesquisa não apenas busca identificar problemas

existentes no aplicativo “Cadê Meu Ônibus”, mas também fornecer soluções práticas que possam ser implementadas em futuras atualizações do sistema.

Além disso, os resultados poderão servir de referência para o desenvolvimento de outros aplicativos de mobilidade urbana em diferentes contextos, promovendo um transporte público mais acessível e eficiente, contribuindo assim para a qualidade de vida dos usuários e a sustentabilidade das cidades.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, C. A. et al. **Comportamento de usuários de aplicativos à mobilidade urbana: um estudo na cidade do Recife**. Boletim do Tempo Presente, nº 12, p. 1- 14, 2018.

BRASIL. Lei nº 12.587 de 3 de janeiro de 2012. **Dispõe sobre a política nacional de mobilidade urbana e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 jan. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 5 ago. 2024.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**; tradução Magda Lopes. ”3 ed.” Porto Alegre: ARTMED, 296 páginas, 2010. Cadernos de Linguagem e Sociedade, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 205–208, 2012. DOI: 10.26512/les.v13i1.11610. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/les/article/view/11610>. Acesso em: 15 ago. 2024.

DA SILVA, K. G.; DE MATOS, G. G. **Temporalidades no trânsito urbano de Manaus**. Somanlu: Revista de Estudos Amazônicos, v. 16, n. 2, p. 148-166, 2016.

DE CARVALHO, C. H. **Desafios da mobilidade urbana no Brasil**. Texto para Discussão, 2016, p. 78.

DE CASTRO, B. L. **Reações afetivas na interação de usuários com componentes de produtos digitais**. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós graduação em Design, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

DE SOUZA, F.; PASQUALETTO, A. **Tópicos de Mobilidade Urbana**. Revista Estudos - Revista de Ciências Ambientais e Saúde (EVS), Goiânia, Brasil, v. 40, n. 3, p. 321–335, 2013. DOI: 10.18224/est.v40i3.2922. Disponível em: <https://seer.pucgoias.edu.br/index.php/estudos/article/view/2922>. Acesso em: 1 ago. 2024.

FRANÇOSO, D.; MELLO, C. **Mobilidade Urbana: Modelos de Aplicação em Cidades Brasileiras**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

FULLER, R. 1965. **World design science decade, 1965-1975**. World Resources Inventory. Illinois: Southern Illinois University, 1965.

G1. **Sinetran lança aplicativo “Cadê Meu Ônibus” com recarga para pagamento de passagem via celular em Manaus**. G1 Amazonas, 15 dez. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2022/12/15/sinetram-lanca-aplicativo-cade-meu-onibus-recarga-para-pagamento-de-pagamento-via-celular-em-manaus.ghtml>. Acesso em: 5 ago. 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GODIN, B. et al. **Measurement and Statistics on Science and Technology: 1920 to the Present**. Routledge Studies in the History of Science, Technology and Medicine, 2003.

GREGORY, S.A. **The design method**. Nova Iorque: Springer Science + Business Media, 1966.

HANDTE, M. et al. **An internet-of-things enabled connected navigation system for urban bus riders**. IEEE Internet of Things Journal, v. 3, n. 5, p. 735-744, 2016.

HICKMAN, R. et al. **The sustainable mobility paradigm**. Transport Policy, v. 18, n. 2, p. 234–242, 2011.

ISO 9241-11:2010. International Organization for Standardization. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/63500.html>. Acesso em: 5 ago. 2024.

JUNIOR, Eurides Florindo de Castro. A experiência do usuário (UX) em interfaces gráfico-informacionais: um estudo de caso dos aplicativos de educação em saúde da UNASUS/UFMA. 167 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Departamento de Desenho e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

JUNIOR, A. P. **Design Centrado no Usuário: Teorias e Práticas**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

JUNIOR, A. P. **Design Emocional: Comportamento e Tecnologia**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016

MURATOVSKY, G. **Research for Designers: a guide to methods and practice**. Londres: SAGE Publications, 2016.

NIELSEN, J. **Usability engineering**. Morgan Kaufmann, 1993

PONTES, B. S. et al. **Análise da percepção da mobilidade urbana pelos usuários na cidade de Manaus**. Research Society and Development, v. 11, n. 17, p. e215111739156-e215111739156, 2022(_TCC-2024-ESTHER). PRODEST. **O uso de aplicativos na sociedade**. Disponível em: <https://prodest.es.gov.br/o-uso-de-aplicativos-na-sociedade#:~:text=Os%20aplicativos%20fazem%20cada%20vezopções%20de%20I%20azer%20com%20facilidade..> Acesso em: 7 ago. 2024.

REDSTRÖM, J. **Towards user design? On the shift from object to user as the subject of design**. Design studies, v. 27, n. 2, p. 123-139, 2006.

RODILHA, B. G. **Experiências de mobilidade: o uso de aplicativos de ônibus na cidade de São Paulo**. 2020. 156 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2020.

SANTOS, V. G. dos; ALMEIDA, S. E. de; ZANOTELLO, M. **A sala de aula como um ambiente equipado tecnologicamente: reflexões sobre formação docente, ensino e aprendizagem nas séries iniciais da educação básica**. Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, v. 99, n. 252, p. 331–349, 2018.

SILVA, E.L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 2001

SANTA ROSA, J. G.; PEREIRA JUNIOR, A.; LAMEIRA, Allan Pablo. **Neurodesign: o cérebro e a máquina**. 2. ed. Rio de Janeiro: Rio Books, 2021

Pazmino, Ana Veronica. Como se cria: 40 métodos para design de produtos. Editora Blucher, 2015.

RUBIN, Jeff; CHISNELL, Dana. Handbook of usability testing second edition how to plan, design, and conduct effective tests. 2 ed. Indianapolis: Wiley Publishing, 2008.

MATTOS, Liara Mucio de. Julgamento visual de cadeiras de rodas: contribuições para o design de produtos assistivos. 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Estadual Paulista, 2017.

E-COMMERCE DE PRODUTOS REGIONAIS AMAZÔNICOS: UMA FERRAMENTA QUE UNE DESENVOLVIMENTO MOBILE COM FOCO NA INTERFACE DE USUÁRIO E UX

Data de submissão: 07/10/2024

Data de aceite: 01/11/2024

Vitória Beatriz dos Santos Maciel

<http://lattes.cnpq.br/3254509593677922>

Fabiann Matthaus Dantas Barbosa

<http://lattes.cnpq.br/3769505772789674>

Kleverton dos Santos Cabral

<http://lattes.cnpq.br/1196576652974820>

Gabriel Pinheiro Compto

<http://lattes.cnpq.br/5432787843953143>

RESUMO: Este projeto de pesquisa desenvolveu uma ferramenta móvel para a comercialização de produtos regionais amazônicos, com ênfase em técnicas de design de interface, usabilidade e experiência do usuário (UX). O aplicativo, denominado Yandê, foi criado com o objetivo de promover a sustentabilidade e apoiar produtores locais, conectando-os diretamente a consumidores ao redor do mundo. O método de prototipação foi utilizado de forma eficiente, permitindo ajustes rápidos nos elementos visuais e correções de erros antes da finalização do produto. A UX foi integrada ao processo, possibilitando a compreensão das necessidades e comportamentos dos

usuários, resultando em interfaces intuitivas e agradáveis. Com isso, a pesquisa demonstrou a importância do design de interface, da usabilidade e da UX no desenvolvimento de soluções tecnológicas que promovem a sustentabilidade e a responsabilidade social.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia, Usabilidade, Experiência de Usuário, Sistemas Mobile.

ABSTRACT: This research project developed a mobile tool for the commercialization of Amazonian regional products, with an emphasis on interface design, usability, and user experience (UX) techniques. The application, named Yandê, was created with the aim of promoting sustainability and supporting local producers by connecting them directly with consumers worldwide. The prototyping method was efficiently employed, allowing for quick adjustments to visual elements and error corrections before the final product was completed. UX was integrated into the process, enabling an understanding of user needs and behaviors, resulting in intuitive and user-friendly interfaces. Thus, the research demonstrated the importance of interface design, usability, and UX in the

development of technological solutions that foster sustainability and social responsibility.

KEYWORDS: Amazon, Usability, User Experience (UX) e Mobile Systems.

1 | INTRODUÇÃO

A região amazônica dispõe de uma grande riqueza cultural e uma vasta variedade de produtos artesanais, de beleza e cosmética derivados de óleos extraídos de árvores como a andiroba e copaíba, que também são usados como produtos medicinais. Além disso, frutas comuns na região, como o tucumã, cupuaçu, pupunha e açaí, são amplamente valorizadas. Os habitantes da região transformam esses produtos em uma forma de adquirir renda e movimentar a economia, tanto na capital quanto no interior do Estado do Amazonas, como no município de Uarini, conhecido pela produção de farinha. Conforme afirmado por Aracaty et al. (2023), “a produção de farinha nos municípios fomenta o desenvolvimento econômico local e incentiva a agricultura familiar, contribuindo para fortalecer o papel social da atividade”.

Após uma pesquisa de mercado realizada por estudantes de Engenharia de Software de um curso em Manaus com possíveis consumidores, constatou-se que há uma demanda significativa por esses produtos na capital do estado do Amazonas. No entanto, devido à logística e localização dos pontos de venda, torna-se inviável para os compradores obterem esses produtos.

Com o intuito de conectar comerciantes e consumidores de forma remota, vem sendo desenvolvido o aplicativo Yandê, um e-commerce de produtos regionais amazônicos. O diferencial do aplicativo é o uso de técnicas avançadas de design de interface, usabilidade e experiência do usuário (UX), com base em autores como Jakob Nielsen (1994) e Peter Morvill (2015).

O desenvolvimento de aplicativos móveis para a comercialização de produtos regionais enfrenta o desafio de equilibrar a tradição cultural e as necessidades modernas dos usuários. No contexto amazônico, essa questão é ainda mais complexa, dada a diversidade de produtos, práticas comerciais e a falta de infraestrutura tecnológica em muitas áreas (COMBU, 2015). A criação de uma plataforma que conecte produtores locais a consumidores globais exige uma compreensão profunda das necessidades dos usuários, que vão além da simples funcionalidade do aplicativo, integrando valores culturais e práticas comerciais sustentáveis. A dificuldade está em desenvolver uma interface que seja intuitiva para os usuários sem sacrificar a autenticidade cultural dos produtos.

Um ponto a ser observado é a integração de técnicas de design de interface e UX (Experiência do Usuário) em contextos tão diversos como o da Amazônia. A experiência do usuário precisa ser cuidadosamente projetada para atender a uma ampla gama de perfis de usuários, desde produtores locais com baixo nível de alfabetização digital até consumidores urbanos e globais acostumados a plataformas altamente sofisticadas. Esse

contraste pode levar a desafios na criação de uma interface que seja simultaneamente acessível e avançada, o que é crucial para garantir o sucesso da ferramenta proposta.

Além disso, a ênfase no design de interface e na UX é justificada pela necessidade de criar uma plataforma que seja acessível e eficaz para diferentes perfis de usuários. No contexto da Amazônia, onde o nível de alfabetização digital pode variar amplamente, é essencial que a interface do aplicativo seja intuitiva e fácil de usar, garantindo que os produtores locais possam participar plenamente do mercado digital. Ao mesmo tempo, para atrair consumidores globais, o aplicativo deve oferecer uma experiência de usuário que rivalize com as principais plataformas de e-commerce, garantindo que os produtos amazônicos possam competir em pé de igualdade no mercado global.

Diante dos desafios apresentados, surge a questão central desta pesquisa: Como desenvolver uma ferramenta móvel que, ao integrar princípios de design de interface, usabilidade e experiência do usuário (UX), seja capaz de promover a comercialização sustentável de produtos regionais amazônicos, atendendo às necessidades tanto de produtores locais com baixo acesso à tecnologia quanto de consumidores globais exigentes?

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produtos Amazônicos

Na Amazônia, é possível colher frutas, raízes e plantas da floresta, além de obter outros benefícios. Produtos como açaí, bacuri e cupuaçu estão cada vez mais populares, tanto em feiras locais quanto em grandes cidades do Brasil. Esses produtos vêm de comunidades ribeirinhas ou do interior do estado, que obtêm esses insumos diretamente da natureza e os vendem para que cheguem às capitais (COMBU, 2015).

Alguns produtores conseguem vender seus produtos diretamente para consumidores urbanos em mercados e feiras próximas. Essa venda direta é mais vantajosa para eles, mas ocorre com pouca frequência devido à necessidade de passar muito tempo no local de venda, às longas distâncias e aos desafios de transporte, o que gera custos adicionais com estadia e alimentação. Por isso, os comerciantes locais acabam sendo os compradores mais importantes, seguidos por barcos de linha e outros intermediários (VARGAS; FRAXE; CASTRO, 2017).

2.2 Comércio Eletrônico

O comércio eletrônico, também conhecido como e-commerce, se refere ao processo de compra e venda de produtos, serviços ou informações através de meios digitais, sem a necessidade de interação presencial (SILVA, 2014, p. 10). Desde a sua concepção, a internet tem facilitado o acesso a uma ampla gama de ferramentas e serviços, e o e-commerce se destaca como uma dessas inovações que tem crescido rapidamente, impulsionado pelos

avanços tecnológicos. Este crescimento é motivado principalmente pela conveniência e eficácia que o comércio eletrônico oferece, permitindo que as transações comerciais ocorram em um ambiente virtual, acessível a nível nacional e internacional, superando as limitações geográficas de um espaço físico tradicional.

2.3 Usabilidade e UX

A usabilidade, conforme Jakob Nielsen (1994), é um conceito crucial para o desenvolvimento de sistemas que sejam fáceis de usar, eficientes e agradáveis para os usuários. Nielsen define usabilidade através de cinco componentes principais: facilidade de aprendizado, eficiência de uso, facilidade de memorização, prevenção de erros e satisfação do usuário. Esses componentes são essenciais para garantir que um sistema ou software seja intuitivo e proporcione uma experiência positiva ao usuário, evitando frustrações e aumentando a produtividade.

Os princípios de usabilidade fornecem uma base para a avaliação de produtos de software, utilizando heurísticas (PREECE et al., 2005). Existem dez princípios fundamentais desenvolvidos por Nielsen e seus colegas, conhecidos como heurísticas, que são específicas para aplicações Web, mas podem ser adaptadas para outros tipos de aplicações e combinadas com outras análises para avaliar a usabilidade da interface do sistema. Estas heurísticas incluem:

- Visibilidade do status do sistema: o sistema fornece feedback sobre o que está acontecendo.
- Compatibilidade do sistema com o mundo real: a linguagem do sistema deve ser familiar ao usuário.
- Controle do usuário e liberdade: o usuário pode sair facilmente de um estado devido a um erro.
- Consistências e padrões: usuários não precisam se preocupar se palavras, situações ou ações diferentes possuem os mesmos significados.
- Ajuda os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros: apresenta o problema e a solução de forma simples.
- Prevenção de erros: evita a ocorrência de erros.
- Reconhecimento em vez de memorização: objetos, ações e opções são visíveis.
- Flexibilidade e eficiência de uso: usuários experientes podem realizar tarefas mais rapidamente.
- Estética e design minimalista: informações irrelevantes não são apresentadas.
- Ajuda e documentação: define passos e informações de fácil acesso e segui-

mento.

Para realizar uma avaliação heurística, os dez princípios de Nielsen, originalmente destinados a interfaces Web (NIELSEN; MACK, 1994), serão adaptados para o contexto de design de software de interiores.

A experiência do usuário pode ser entendida como o grau de satisfação que uma pessoa tem ao usar determinada interface ou objeto. Essa experiência é composta por vários fatores, tais como características do próprio objeto ou fatores externos como a iluminação do ambiente.

Experiências são, obviamente, subjetivas. Cada pessoa tem uma experiência diferente ao usar um caixa eletrônico, por exemplo. Essa experiência é influenciada por fatores humanos (sua habilidade em usar caixas eletrônicos, sua visão, sua habilidade motora, sua capacidade de ler e entender o que está escrito na tela, seu humor naquele momento etc.) e por fatores externos (o horário do dia, o ambiente onde o caixa eletrônico está instalado, o fato de ter uma fila de pessoas atrás de você). (TEIXEIRA, 2014, p. 2)

Sendo assim cada usuário pode ter uma experiência diferente ao utilizar determinado item ou interface pois os fatores externos podem influenciar tanto positivamente quanto negativamente.

3 | APLICATIVO YANDÊ

3.1 Descrição

O termo “Yandê” é originado do pronome pessoal inclusivo “nós” na língua Tupi. Enquanto “Nós” é utilizado para se referir a pessoas específicas, “Yandê” engloba a todos, como exemplificado em “Yandê brasileiras/brasileiros”, significando “nós” (todos) brasileiras e brasileiros” (MELLO; NOBRE, 2017).

O Yandê surgiu a partir de uma reunião entre quatro estudantes do curso de Engenharia de Software no IFAM, motivada por um problema enfrentado por uma das integrantes. Proveniente do interior, essa estudante percebeu que, após o grande evento “Boi Bumbá” em Parintins, o artesanato local não estava sendo vendido.

Assim, nasceu a proposta do Yandê, uma solução inovadora para a região que visa ajudar os produtores locais de artesanato e outros produtos a escoar suas mercadorias, valorizando a produção regional.

O objetivo principal do Yandê é desenvolver um software que facilite e promova compras de forma sustentável dentro do Estado do Amazonas. A proposta inclui uma integração justa e eficiente dos pequenos empreendedores do interior com o mercado global, buscando expandir o alcance dos produtos amazônicos e fortalecer a economia local. A plataforma pretende criar um espaço que valorize os produtos regionais e promova o desenvolvimento econômico sustentável e equitativo para os empreendedores locais,

permitindo-lhes acessar um público maior e mais diversificado.

O aplicativo Yandê foi desenvolvido com sucesso conforme o planejamento inicial, apresentando todas as funcionalidades desejadas. Este protótipo oferece uma visão preliminar do conceito elaborado. As telas apresentadas são capturas de tela tiradas diretamente do Android Studio.

Na primeira tela (Figura 1), o principal diferencial do aplicativo é a presença de duas interfaces: uma para o vendedor e outra para o cliente. Quando o cliente ou o vendedor clicam no botão correspondente ao seu perfil, são automaticamente direcionados para a tela de login da aplicação. Ao clicar em “Cadastre-se”, ambos são levados para a tela de registro. A única diferença é que, para o vendedor, o nome de usuário deve incluir o nome da loja e o CNPJ.

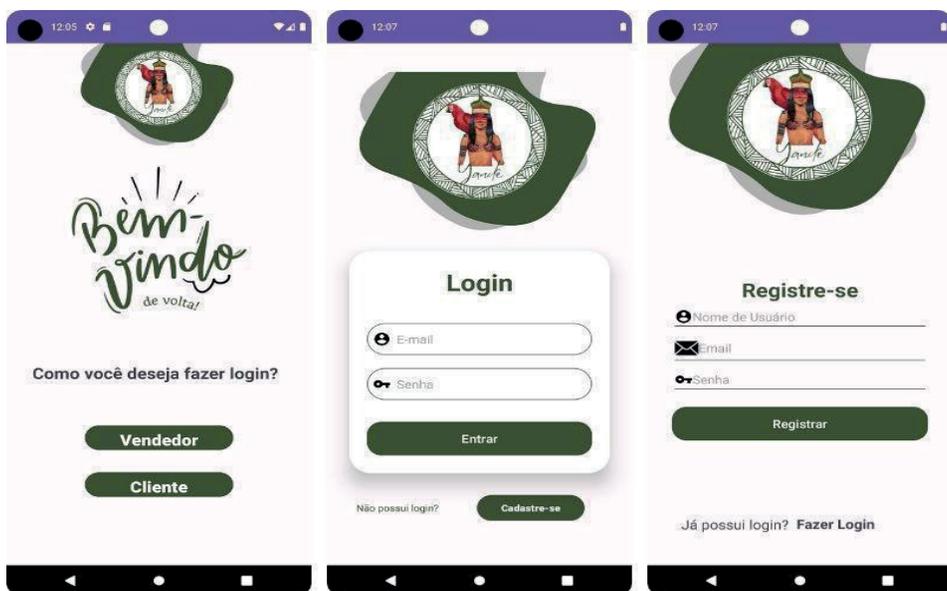


Figura 1 – Tela de Login e Registro

Fonte: Autora (2024)

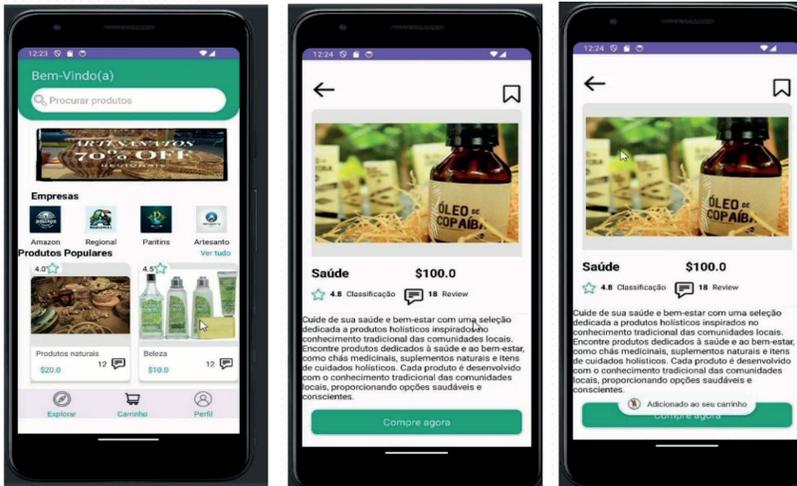


Figura 2 - Tela principal e detalhamento de produto

Fonte: Autora (2024)

Outra funcionalidade importante é o carrinho do aplicativo. Ao clicar no ícone do carrinho no menu, você é direcionado para esta página. Ela exibe a foto, preço e os botões para adicionar ou remover produtos. A tela também calcula o frete e as taxas automaticamente, permitindo que o cliente preencha as informações de endereço e pagamento.

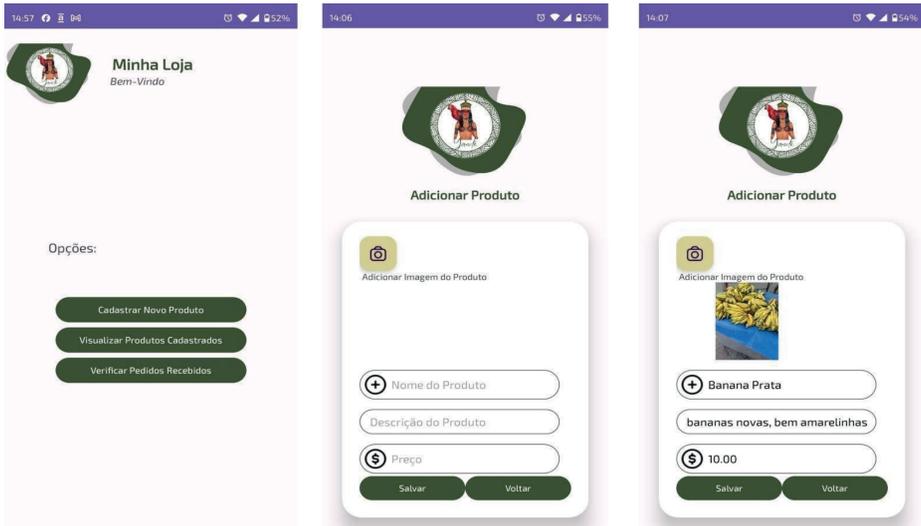


Figura 3 - Tela vendedor e funcionalidades

Fonte: Autora (2024)

No perfil do vendedor (Figura 3), o usuário tem três opções: cadastrar novos produtos, visualizar produtos cadastrados e verificar pedidos recebidos. Ao clicar em “Cadastrar novo produto”, ele é direcionado para a tela de adicionar produto. Nesta tela, o vendedor pode preencher todas as informações do produto, abrir a galeria para selecionar uma foto ou tirar uma foto na hora.

3.2 Tecnologias e Ferramentas utilizadas

O Quadro 1 detalha todas as tecnologias utilizadas até agora no desenvolvimento do aplicativo, abrangendo desde a fase de diagramação até a implementação do aplicativo.

| Nome | Versão | Site | Descrição |
|-----------------------|-------------|---|---|
| <i>Android Studio</i> | 2024.1.1.12 | https://developer.android.com | Ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) oficial para desenvolvimento de apps Android. |
| <i>Java</i> | 8.0 | https://www.java.com | Linguagem de Programação |
| <i>Firebase</i> | 32.3.1 | https://firebase.google.com/ | Prestador de serviços que oferece uma variedade de ferramentas e funcionalidades para o desenvolvimento de aplicativos. |
| <i>Draw.io</i> | 24.7.5 | https://www.drawio.com | Ferramenta de Design de Software. |
| <i>XML</i> | 1.0 | https://developer.android.com/reference/android/util/Xml | Linguagem de Marcação. |

Quadro 1. Tecnologias e Ferramentas utilizadas

Fonte: Autora (2024)

4 | METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa é centrada no usuário e utiliza um processo de desenvolvimento iterativo para criar e validar um protótipo de aplicativo móvel voltado à comercialização de produtos regionais amazônicos. Inicialmente, foi feita uma pesquisa exploratória com entrevistas, questionários e grupos focais para entender as necessidades dos produtores e as expectativas dos consumidores em relação à usabilidade e experiência do usuário (UX). A partir desses dados, serão definidos os elementos de design e UX. As heurísticas de Nielsen serão aplicadas para identificar e corrigir problemas de usabilidade, e a validação será realizada por meio de avaliações qualitativas e quantitativas, garantindo uma experiência intuitiva e eficiente.

4.1 Análise da Necessidade

A revisão de literatura destacou a importância de promover produtos regionais amazônicos no comércio online, evidenciando a dificuldade dos consumidores em encontrar esses itens em uma região com alta biodiversidade. A pesquisa então identificou os principais produtos para o e-commerce, analisando potenciais clientes e concorrência. Uma pesquisa de mercado, realizada via Google Forms com 81 participantes do Amazonas, explorou as preferências dos consumidores, os produtos mais buscados, suas experiências com compras online e as lojas onde esses produtos são adquiridos.



Figura 4 - Fatores de valorização de produtos regionais

Fonte: Autora (2024).

Terceira análise (Figura 4): “O que você valoriza mais ao comprar produtos amazônicos online?” A análise das respostas de 69 participantes a essa pergunta revela padrões consistentes. A maioria expressiva destacou a importância da variedade de produtos, evidenciando a demanda por escolhas diversificadas. Em segundo lugar, a facilidade de compra foi destacada, indicando que os consumidores priorizam uma experiência de compra simplificada. Por fim, a entrega rápida e confiável foi a terceira opção mais votada, sublinhando a preocupação dos participantes com a eficiência logística.

4.2 Arquitetura do Sistema

Para a arquitetura do sistema, foram definidas as principais funções a serem implementadas. Foram elaborados casos de uso para essas funções, tanto do ponto de vista do cliente quanto do vendedor. Além disso, foi criado um diagrama de atividades detalhado para todo o fluxo de compra de um produto pelo cliente. As Figuras 5 e 6 apresentam os Diagramas de Casos de Uso de Atividade.

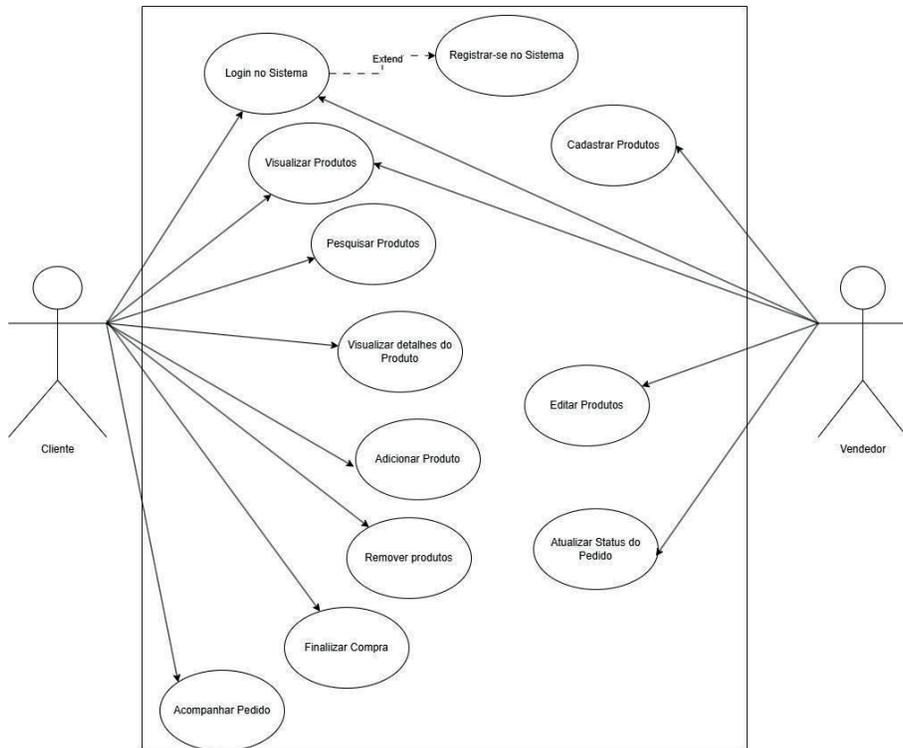


Figura 5 - Casos de Uso do Aplicativo Yandê

Fonte: Autora (2024).

O diagrama de caso de uso (Figura 5) apresentado refere-se ao aplicativo Yandê, ilustrando as principais interações entre os atores “Cliente” e “Vendedor” com o sistema. O “Cliente” pode realizar diversas ações como registrar-se no sistema, fazer login, visualizar e pesquisar produtos, visualizar detalhes de um produto específico, adicionar produtos ao carrinho, remover produtos, finalizar a compra e acompanhar o status do pedido. Por outro lado, o “Vendedor” tem a capacidade de cadastrar novos produtos, editar produtos existentes e atualizar o status dos pedidos realizados pelos clientes.

O diagrama de atividades (Figura 6) do Aplicativo Yandê descreve o fluxo de ações de um cliente desde a abertura do app até o acompanhamento de um pedido. O cliente pode registrar-se ou, se já for registrado, ir diretamente à tela principal. Lá, ele visualiza e pesquisa produtos, adiciona ao carrinho e prossegue para finalizar a compra. Após a confirmação do pedido, o cliente pode acompanhar o status da entrega. O diagrama detalha o processo de compra, desde o login até o pós-venda.

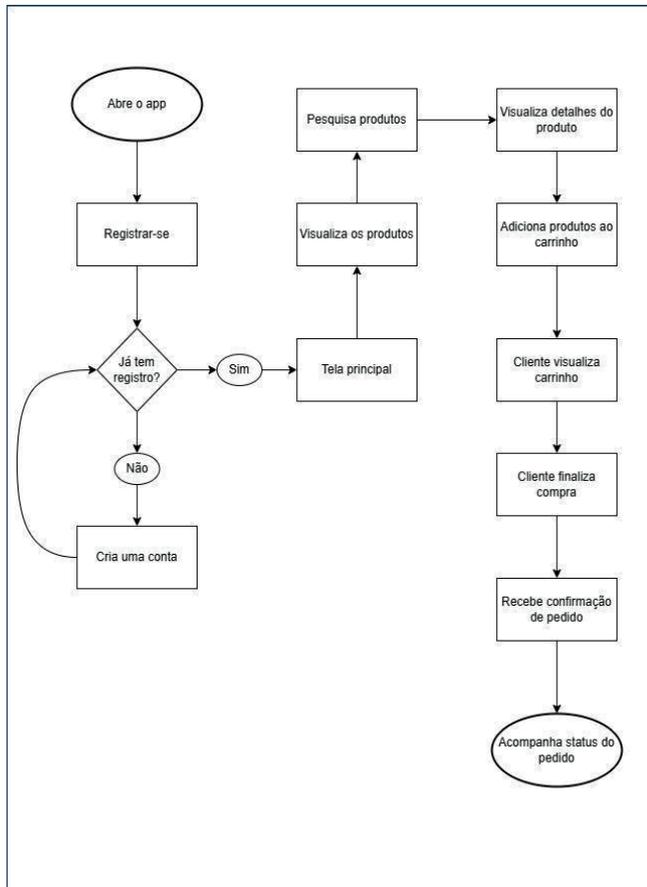


Figura 6 - Diagrama de Atividade

Fonte: Autora (2024).

5 | APLICAÇÕES PRÁTICAS E COLETA DE DADOS

Neste capítulo, são descritos os testes práticos realizados para avaliar a usabilidade e a experiência do usuário (UX) do aplicativo Yandê. O objetivo desses testes foi identificar potenciais melhorias e validar a eficácia do aplicativo na comercialização de produtos regionais amazônicos, promovendo a sustentabilidade e a conexão entre produtores locais e consumidores globais. A seguir, são detalhadas as metodologias utilizadas para a coleta de dados de usabilidade e UX, os participantes envolvidos, as técnicas aplicadas, e os resultados obtidos.

A avaliação de usabilidade e UX foi realizada com um grupo de 25 usuários que representavam o público-alvo do aplicativo. Esses usuários foram selecionados para refletir uma diversidade de perfis, incluindo produtores regionais, consumidores interessados em produtos amazônicos e usuários sem experiência prévia com e-commerce. O teste foi conduzido em duas fases: uma de testes de usabilidade controlados e outra de testes de

usabilidade no contexto de uso real.

5.1 Ferramentas e Técnicas Utilizadas

- **Teste de Usabilidade com Tarefas:** Cada usuário foi instruído a realizar uma série de tarefas dentro do aplicativo, como:
 - Navegar pelas categorias de produtos;
 - Buscar produtos específicos;
 - Adicionar produtos ao carrinho;
 - Finalizar uma compra;
 - Avaliar um produto.
- **Durante a execução dessas tarefas,** foram monitorados o tempo necessário para completar cada ação, os erros cometidos, e os níveis de frustração ou satisfação reportados. Além disso, os participantes foram observados por moderadores, que anotaram comportamentos notáveis durante a interação com o aplicativo.
- **Questionário de Usabilidade (SUS):** Após completar as tarefas, os usuários preencheram o System Usability Scale (SUS), uma escala padronizada que avalia a percepção de usabilidade de um sistema. Este questionário permite medir o quão fácil ou difícil os usuários consideraram a utilização do aplicativo.
- **Mapeamento de Comportamento:** Utilizou-se um software de análise de comportamento que gravou as interações dos usuários com o aplicativo, como cliques, áreas onde os usuários passaram mais tempo e ações mais repetidas. Essas informações permitiram identificar pontos de fricção ou áreas que necessitavam de otimização no design de interface.
- **Entrevistas Pós-Teste:** Entrevistas semi-estruturadas foram realizadas após os testes, permitindo que os usuários compartilhassem suas opiniões de forma mais aprofundada sobre a experiência geral com o Yandê, incluindo suas percepções sobre a interface e a usabilidade.

5.2 Resultados

Os testes de usabilidade e UX forneceram uma visão abrangente sobre como o aplicativo Yandê foi utilizado e percebido pelos 25 participantes. Os principais resultados foram:

1. Tempo de Conclusão das Tarefas:

- A média de tempo para concluir tarefas foi de 2 a 4 minutos, dependendo da complexidade da ação. Os usuários com maior familiaridade com aplicativos de e-commerce concluíram as tarefas significativamente mais rápido, enquanto os

menos experientes apresentaram dificuldades ao navegar pelas categorias e finalizar a compra.

2. Pontuação SUS:

- A pontuação média do SUS foi de 83, o que indica uma percepção positiva de usabilidade (em uma escala de 0 a 100). A maioria dos participantes considerou o aplicativo fácil de usar, relatando que as funcionalidades principais eram intuitivas e a navegação era simples.

3. Áreas de Fricção Identificadas:

- Busca de Produtos: Alguns usuários relataram dificuldades ao utilizar a função de busca, sugerindo que os filtros poderiam ser mais precisos.
- Finalização da Compra: A finalização da compra foi identificada como uma área que poderia ser otimizada, especialmente no que diz respeito à clareza sobre o valor total com frete e taxas incluídas.
- Feedback Visual: Notou-se que alguns elementos visuais, como confirmações de ações (ex.: “produto adicionado ao carrinho”), poderiam ser mais evidentes para melhorar a segurança do usuário na execução de determinadas tarefas.

4. Percepção Geral e Satisfação:

- Durante as entrevistas pós-teste, os usuários elogiaram a interface do aplicativo, especialmente o design visual que reflete a cultura amazônica, o que foi visto como um diferencial. No entanto, foram sugeridas melhorias em áreas como personalização da experiência de compra e integração de métodos de pagamento mais diversificados.

5.3 Discussão

Os testes práticos revelaram que o aplicativo Yandê está bem posicionado em termos de usabilidade, com a maioria dos usuários conseguindo navegar e concluir tarefas de maneira satisfatória. O **feedback** coletado nas entrevistas foi crucial para identificar áreas que poderiam ser aprimoradas, especialmente na otimização do processo de busca e finalização de compras. O uso do questionário SUS indicou que a percepção de usabilidade está dentro de uma faixa altamente positiva, embora o mapeamento de comportamento tenha revelado que alguns elementos da interface podem ser refinados para reduzir a fricção.

6 | CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo são vastos e significativos, tanto em termos científicos quanto práticos. Primeiramente, a pesquisa contribui para a área de usabilidade e experiência do usuário (UX) ao integrar técnicas avançadas de design em um contexto culturalmente rico e tecnologicamente desafiador, como o da Amazônia. A criação de uma plataforma

que respeite as tradições culturais enquanto atende às necessidades de um público global representa uma inovação no campo do design de interfaces, especialmente no que tange à comercialização de produtos regionais e à promoção de práticas sustentáveis.

A relevância deste estudo reside em sua capacidade de promover o desenvolvimento sustentável na Amazônia através da tecnologia, ao conectar produtores locais a mercados globais de forma eficiente e culturalmente respeitosa. A proposta não apenas contribui para a preservação das tradições culturais e o apoio econômico aos produtores locais, mas também oferece um modelo inovador de como o design de interfaces e a UX podem ser aplicados em contextos distintos.

Esta proposta de pesquisa avançou significativamente na fase de levantamento de requisitos e prototipação, foram desenvolvidas versões iniciais do protótipo que passaram por testes preliminares de usabilidade, com foco na acessibilidade e facilidade de uso. A próxima etapa, envolve a realização de mais testes de UX mais abrangentes e comparativos, seguidos de ajustes no protótipo baseados no feedback dos usuários. Este processo iterativo permitirá o refinamento contínuo da interface e das funcionalidades do aplicativo, assegurando que o produto final esteja alinhado com as expectativas dos consumidores e dos produtores locais.

REFERÊNCIAS

ARACATY, M. L., DE ALMEIDA SOARES, M., et al. (2023). A importância da farinha de mandioca para a agricultura familiar e para o desenvolvimento regional local. *STUDIES IN SOCIAL SCIENCES REVIEW*, 4(1):25–55.

BARBOSA, S.; SILVA, B. *Interação humano-computador*. Elsevier Brasil, 2010.

BECKER, B.; LÉNA, P. *Pequenos empreendimentos alternativos na Amazônia*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

BRISKMAN, J. (2020). Sensor Tower's Q2 2020 Data Digest: Global App Ecosystem Sets New Record with 37.8 Billion Downloads. <https://sensortower.com/blog/q2-2020-data-digest>.

COELHO, L. S.; OLIVEIRA, R. C.; ALMÉRI, T. M. O Crescimento do E-commerce e os Problemas que o Acompanham: a identificação da oportunidade de melhoria em uma rede de comércio eletrônico na visão do cliente. *Revista de Administração do UNISAL*. Campinas, v.3, n.3, 2013]

COMBU. *Nossos Produtos*. 2015. Disponível em: <<http://www.combu.com.br/produtos.html>>. Acesso em: 02 agosto. 2024.

DESMET, D., MAERKEDAHN, N., SHI, P. (2017). Adopting an ecosystem view of business technology. McKinsey, <https://www.mckinsey.com/businessfunctions/mckinsey-digital/our-insights/adopting-an-ecosystem-view-of-business-technology>.

FREIRE, M., NOBRE, G., ET AL. 2017. Nota dos Editores: Íandé—nós (todas e todos somos) pesquisadoras e pesquisadores! ÍANDÉ: Ciências e Humanidades 1, 1 (2017), 5–6.

NIELSEN, J. How to conduct a Heuristic Evaluation. 1994. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/how-to-conduct-a-heuristic-evaluation/>>. Acesso em: 14 set. 2020.

NIELSEN, J.; LORANGER, H. Usabilidade na Web. 1. ed. Campus, 2007.

PIERI, F. A., MUSSI, M. C., AND MOREIRA, M. A. S. (2009). Óleo de copaíba (copaifera sp.): histórico, extração, aplicações industriais e propriedades medicinais. Revista brasileira de plantas medicinais, 11:465–472.

PRESSMAN, R. S. Engenharia de Software: Uma abordagem profissional. 7. ed. Tradução: Ariovaldo Griesi e Mario M. Fecchio. Porto Alegre: AMGH Editora, 2016.

SHANLEY, P.; MEDINA, G. (Ed.). Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica. Belém: CIFOR, Imazon, 2005.

TRAN, M., TRAN, T., TRAN, Q., NGUYEN, D., et al. (2020). Revisit dialogflow in an English teaching virtual assistant use case. In CS & IT Conference Proceedings, volume 10. CS & IT Conference Proceedings.

VARGAS, R. M. B., FRAXE, T. J. P., CASTRO, A. P. (2017). A mulher camponesa amazônica e a feira de produtos regionais: uma transformação no seu habitus. Somanlu: Revista De Estudos Amazônicos, 13(1), 70–85. <https://doi.org/10.29327/233099.13.1-5>

APLICAÇÃO DA ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS PARA MONITORAMENTO DE QUEIMADAS NA AMAZÔNIA LEGAL: ESTRATÉGIAS PARA O GERENCIAMENTO PREVENTIVO DE RISCOS AMBIENTAIS

Data de submissão: 08/10/2024

Data de aceite: 01/11/2024

Carlos Vinícius Monteiro de Souza

<http://lattes.cnpq.br/2427890169958659>

Fabiann Matthaus Dantas Barbosa

<http://lattes.cnpq.br/3769505772789674>

José Elislande Breno de Souza Linhares

<http://lattes.cnpq.br/0846691032369254>

Joethe Moraes de Carvalho

<http://lattes.cnpq.br/8157292652509113>

RESUMO. Este artigo apresenta um relatório técnico do uso de algumas temáticas modernas na literatura científica, entre elas a Análise Exploratória de Dados, o emprego de Métodos Estatísticos e Visualização de Dados, aplicados no contexto da previsão de queimadas e focos de incêndio. Tendo por base o referencial teórico que foi obtido através de diversas strings de buscas e teses indicadas, foram destrinchados pesquisas e artigos que abordassem uma ou mais das temáticas citadas anteriormente. No final, foi demonstrado que os Métodos da Análise Exploratória possuem uma infinidade e versatilidade de métodos e abordagens para os fins da pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE: Análise Exploratória

de Dados, Métodos Estatísticos, Visualização de Dados, Previsão de Queimadas.

ABSTRACT. This article presents a technical report on the use of some modern themes in scientific literature, including Exploratory Data Analysis, the use of Statistical Methods and Data Visualization, applied in the context of fire and fire outbreak prediction. Based on the theoretical framework that was obtained through several search strings and indicated theses, research and articles that addressed one or more of the previously mentioned themes were unraveled. In the end, it was demonstrated that Exploratory Analysis Methods have an infinity and versatility of methods and approaches for research purposes.

KEYWORDS: Exploratory Data Analysis, Statistical Methods, Data Visualization, Wildfire Prediction

1 | INTRODUÇÃO

O manejo do fogo é uma prática muito disseminada e empregada por agricultores, fazendeiros e pecuaristas, tendo como principais objetivos:

transformar áreas florestais em pastagens; em solo para cultivo; controle da proliferação de plantas indesejadas; extração de recursos naturais (madeira, minérios, látex); etc, tudo isso a um baixo custo (MACHADO, R. *et al.*, 2022).

O monitoramento das queimadas é de suma importância para o combate ao fogo, reduzir custos operacionais, e minimizar os danos ambientais ocasionados. A análise do comportamento temporal de tais eventualidades permite estabelecer correlações entre variáveis que influenciam a ocorrência e propagação das chamas, sendo vital para compreender as causas naturais e antrópicas (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

A Análise Exploratória de Dados (AED) tem por objetivo a expansão do conhecimento dos pesquisadores sobre uma população a partir da amostra selecionada. Dito isso, a AED é descrita como um conglomerado de metodologias para extração, exploração, manipulação e descrição dos conjuntos de dados (LOPES, G. *et al.*, 2019).

A partir da elaboração e execução dos métodos da AED, é possível fazer uma avaliação do quão aplicável são os modelos de previsão em séries temporais. Com isso, modelos estatísticos, de aprendizagem de máquina, e de aprendizado por reforço, são geralmente empregados para os mais variados fins, como alternativas para realização de previsões em séries temporais (DE OLIVEIRA; 2022).

Com o contexto da pesquisa demonstrado, surge a seguinte questão para este trabalho: *“Como se encontra a literatura atual da aplicabilidade de AED no âmbito das queimadas e focos de incêndio no âmbito da pesquisa científica, e de que forma ela é utilizada para mitigação dos riscos ambientais?”*.

2 | TRABALHOS RELACIONADOS

No decorrer da pesquisa, foram encontradas diversas pesquisas relacionadas tanto à metodologia quanto a questões ambientais. Dentre essas pesquisas, algumas serviram de base para a elaboração do roteiro, outras para auxiliar no desenvolvimento da pesquisa, as demais foram utilizadas para embasamento teórico fundamental no respaldo científico.

2.1 Processo Investigativo e Seleção

Aqui, é preciso realizar uma amostragem dos trabalhos, para selecioná-los de um conjunto maior, denominado “população”. A população, em termos estatísticos, representa o conjunto de indivíduos que serão alvo da pesquisa, e a “amostra” é um subconjunto da população estudada. Este tópico tem por finalidade encontrar pesquisas semelhantes à problemática e estudo, utilizando a técnica de AED.

Neste sentido, a pesquisa definiu a população-alvo dos trabalhos com os termos ‘análise exploratória de dados’ e ‘modelos de aprendizado’. A partir da definição das populações, os termos devem ser aplicados em locais de busca adequados para trabalhos

acadêmicos, no caso da pesquisa, foram procurados pesquisas no *Google Scholar*, tanto trabalhos nacionais quanto estrangeiros. O Quadro 1 apresenta as strings que trouxeram mais resultados:

| | |
|----------------------------|---|
| Biblioteca/ Repositório | String de Busca propriamente |
| <i>Google Scholar (PT)</i> | ("Análise Exploratória de Dados" OR "Análise Exploratória") AND ("Focos de Incêndio" OR "Queimadas") OR ("Modelos Preditivos" OR "Algoritmos Preditivos") |
| | ("Análise Exploratória de Dados" OR "Análise Exploratória") AND ("Focos de Incêndio" OR "Queimadas") |
| Google Scholar (EN) | ("Exploratory Data Analysis" OR "Exploratory Analysis") AND ("Fires" OR "Burnings") OR ("Predictive Models" OR "Predictive Algorithms") |

Quadro 1 - Strings de Busca

2.2 Análise e Especificação

Durante a seleção das pesquisas, alguns critérios de inclusão e exclusão de trabalhos foram previamente selecionados, para facilitar a obtenção e busca dos trabalhos. Em seguida, foi realizada uma análise exploratória com o objetivo de obter as contribuições desejadas. O intervalo de tempo dos artigos localizam-se entre 2016 a 2023, e ao realizar as buscas nas revistas e periódicos apontados pelo *Google Scholar*, os artigos foram analisados de acordo com os critérios da pesquisa. Veja o Quadro 2 com todos os critérios utilizados:

| Critérios de Inclusão (C.I.) | Critérios de Exclusão (C.E.) |
|---|---|
| C.I. 1: Disponível em plataforma de acesso público e gratuito. | C.E. 1: Necessário fazer login ou requisitar o texto na plataforma para acessar o trabalho. |
| C.I. 2: Trabalhos que englobam o uso de tecnologias da Engenharia de Software. | C.E. 2: Trabalhos que não estejam em português ou em inglês. |
| C.I. 3: Trabalhos que abordam as temáticas "Análise Exploratória de Dados", "Predição em Série Temporal" e "Queimadas/Focos de Incêndio". | C.E. 3: Trabalhos que não mostram claramente os resultados obtidos na pesquisa. |

Quadro 2 – Critérios de Inclusão e Exclusão

2.3 Análise dos Trabalhos

Ao analisar os trabalhos obtidos, percebe-se que um subgrupo se destaca por maior aprofundamento metodológico, e nos resultados obtidos, no grau de complexidade, e na similaridade com a proposta do trabalho aqui apresentado. E para diferenciar trabalhos que podem ou não contribuir no desenvolvimento deste estudo, foram necessários o uso de 3 filtros para extração dos trabalhos que forneceram ideias e/ou métodos para trabalhar com

dados e AED.

| | |
|--|--|
| 1. <u>Leitura do Título</u> | O título apresenta algumas das propriedades da pesquisa, além de ser a primeira informação visível |
| 2. <u>Leitura do Resumo e das Palavras-chave</u> | O resumo apresenta o que foi feito, como foi feito, alguns dos resultados, e ideias empregadas na pesquisa, o que fornece um panorama geral da pesquisa no todo. |
| 3. <u>Leitura integral do Trabalho</u> | Por fim, essa atividade visa procurar os principais métodos e conceitos inerentes ao trabalho. |

Quadro 3 – Filtros de Pesquisas

2.4 Análise dos Resultados

Os trabalhos encontrados com o *Google Scholar* são em sua grande maioria voltados para uso de AED e tecnologias similares para fins específicos fora do contexto ambiental. Dentre os quais, podemos citar Linhares, J. (2022) e Ramos, Samara e Barros, Bárbara (2022) que abordam problemas distintos com o uso de análise exploratória, visando extrair resultados para seus respectivos objetos de pesquisa.

Além do que, algumas teses contribuíram substancialmente na formulação do roteiro, desenvolvimento e embasamento do trabalho escrito, tais como produzidos por Barbosa, A. (2021), Carrilho, A. (2022), Fantinatti, G. F. (2021), e Dias, A. (2019) onde as queimadas foram tratadas como objeto de estudo, e a análise de dados foi a medida utilizada para encontrar informações e soluções para o problema em si.

Além destes, Queiroz, G. R. *et al* (2017) e Costa, J. *et al* (2021) também tratam do estudo dos focos de calor e das queimadas, porém com uso de ferramentas e conceitos oriundos de áreas correlatas a AED, dentre elas a *Big Data* - referente a manipulação de grandes volumes de dados - e técnicas de Visualização de Dados - um método para geração de informações através de dados - que contribuíram significativamente para a pesquisa proposta.

3 | METODOLOGIA

A abordagem do problema se enquadra em uma pesquisa que coleta dados qualitativos. Isso inclui a coleta de dados quantitativos, com a finalidade de produzir uma análise de dados climáticos, podendo gerar dados qualitativos, em relação a interação dos usuários quanto a aplicação no *Streamlit*.

Este estudo utiliza alguns datasets disponibilizados pelo INPE e INMET, além de algumas ferramentas para Análise de Dados, tais como o *Python*, suas bibliotecas (*Pandas*, *Numpy*, *Matplotlib*, *Seaborn*, *Scikit-Learn*, etc), além dos ambientes de desenvolvimento *Google Colab* e a *Streamlit Cloud*.

3.1 Etapas de Desenvolvimento

O desenvolvimento da pesquisa foi dividido em 5 etapas, com o objetivo de flexibilizar as futuras mudanças a serem implementadas ou discutidas, para caso seja necessário fazer adições ou alterações na codificação do trabalho.

3.1.1 Seleção do Dataset e das Ferramentas

Com relação aos *datasets*, o INPE fornece conjuntos de dados anuais em diversos formatos (*csv*; *GeoJson*; *kml*; *shapefile*) com acesso ao público em geral. O INMET disponibiliza os *datasets* de duas formas temporais: anualmente e semestralmente (porém, essa pesquisa visa trabalhar com dados coletados anualmente); e diferentemente do INPE, há apenas arquivos *csv*.

3.1.2 Arquitetura do Projeto

A arquitetura elaborada é dividida em 3 ambientes. A Figura 5 ilustra a arquitetura pensada na criação e disponibilização da pesquisa:

1. *Google Drive*: local que armazena os arquivos *csv*;
2. *Google Collaboratory*: local de desenvolvimento da pesquisa;
3. *Streamlit*: ambiente/plataforma para disponibilizar os resultados da pesquisa;



Figura 1 - Arquitetura do Projeto

Fonte: Própria (2024)

3.1.3 Amostragem

Uma amostragem estatística é uma distribuição probabilística, baseada na retirada de amostras, com um alto grau de aleatoriedade, e um tamanho fixo, na população pesquisada.

Distribuições probabilísticas ajudam o pesquisador a entender como os resultados de amostra variam entre as amostras. Foram adotados métodos de amostragem para busca e análise de informações preliminares dos *datasets* obtidos, e os resultados encontram-se nas figuras 2 e 3.

Amostragem Simples da coluna 'DiaSemChuva' em 2023

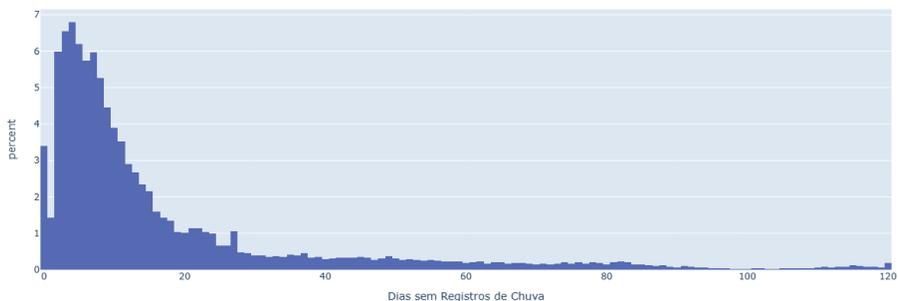


Figura 2 - Amostragem Simples

Fonte: Própria (2024)

Amostragem Probabilística de 'DiaSemChuva' em 2023

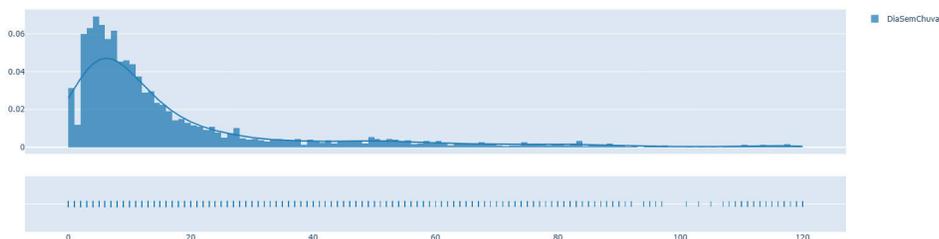


Figura 3 - Amostragem Probabilística

Fonte: Própria (2024)

Ambas as amostragens demonstram uma maior concentração dos dados registrados no intervalo (0, 30), e uma estabilização a partir de 40 dias; isso é, no decorrer de 2023, a ausência de chuvas variaram principalmente em torno de 30 dias ou menos. E tendo em vista as características do bioma amazônico, tamanha escassez de chuvas pode ter contribuído no aumento substancial dos focos de incêndio.

3.1.4 Tratamento dos Dados

A seção de 'Tratamento dos Dados' é fortemente vinculada ao processo 'E.T.L.' (*Extract, Transform, Load*), ou seja, uma fase predecessora a análise e exploração dos dados obtidos. Nessa etapa, o dataset é minuciosamente trabalhado, e dependendo das informações a serem obtidas, o pesquisador deverá produzir novos dados, editar os dados existentes, e/ou remover os dados que possam ocasionar erros e incongruências nas próximas fases da pesquisa.

Dentre os processos utilizados, foram feitos a remoção das colunas 'Satelite', 'Pais'

e 'Bioma' do *dataset*; renomeação da coluna 'DataHora' para 'Dia', substituição dos valores nulos por zero; conversão do tipo *object* para o tipo *float*; criação da coluna 'geometry' com uso das colunas 'latitude' e 'longitude'. E terminados esses processos, salva-se os *datasets* tratados para as próximas etapas.

3.1.5 Estatística Descritiva

A Estatística Descritiva é um ramo da ciência estatística que tem por propósito a descrição dos dados em questão, ou seja, converter dados em informação a ser explorada pelo pesquisador. Sua principal função é identificar características particulares, tais como média, desvio padrão, porcentagens, taxas, contagens e intervalo, etc (DIAS et al., 2019; FROST, 2024).

As figuras de 4 a 11 apresentam os resultados obtidos sobre os dados tratados anteriormente, fornecendo um panorama da atual situação climática e o comportamento das queimadas no decorrer do tempo.

| | Estado | Media | Moda | Mediana | Amplitude | Variância | Desvio-Padrão |
|---|-------------|-----------|-------|---------|-----------|-------------|---------------|
| 0 | Acre | 6.917304 | 7.0 | 6.0 | 33.0 | 29.873820 | 5.465695 |
| 1 | Amapá | 9.610902 | 9.0 | 9.0 | 45.0 | 33.943179 | 5.826077 |
| 2 | Amazonas | 28.014042 | 35.0 | 31.0 | 55.0 | 192.980233 | 13.891733 |
| 3 | Maranhão | 14.128248 | 4.0 | 8.0 | 109.0 | 260.558446 | 16.141823 |
| 4 | Mato Grosso | 68.001548 | 112.0 | 75.0 | 120.0 | 1647.658288 | 40.591357 |
| 5 | Pará | 35.025402 | 5.0 | 20.0 | 120.0 | 981.232174 | 31.324626 |
| 6 | Rondônia | 21.018682 | 5.0 | 13.0 | 115.0 | 364.969914 | 19.104186 |
| 7 | Roraima | 10.523889 | 3.0 | 10.0 | 52.0 | 45.791463 | 6.766939 |
| 8 | Tocantins | 41.348396 | 3.0 | 28.0 | 109.0 | 1191.808708 | 34.522583 |

Figura 4 - Descrição da coluna 'FRP' do dataset de 2020

Fonte: Própria (2024)

A Figura 4 demonstra de forma numérica o comportamento da incidência de focos de calor e potenciais riscos de incêndio nos 9 estados pertencentes à Amazônia Legal, que quando colocados em perspectiva no mundo real, podem ser apresentados conforme a Figura 5.

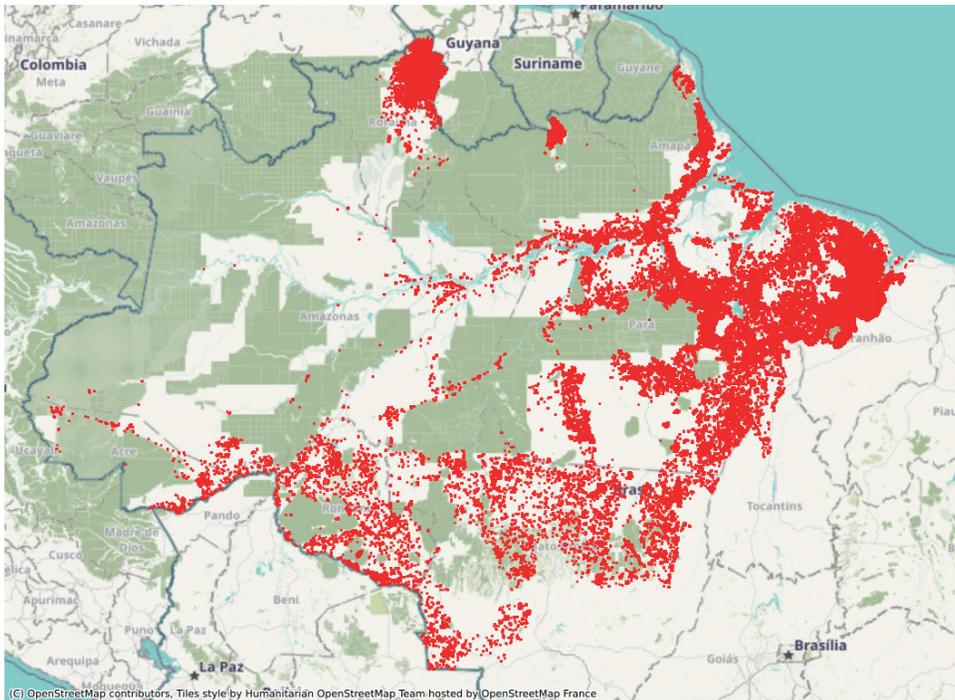


Figura 5 - Queimadas no Bioma em 2023

Fonte: Própria (2024)

As imagens produzidas para destacar os focos de incêndio, revelam que as queimadas concentram principalmente nas regiões Leste e Sul do bioma, principalmente nos estados de Mato Grosso, Pará e Maranhão - além da concentração de focos no nordeste de Roraima - e tal informação, se bem utilizada pelas entidades e órgãos competentes, poderá produzir medidas mais eficientes de enfrentamento a esse risco ambiental.

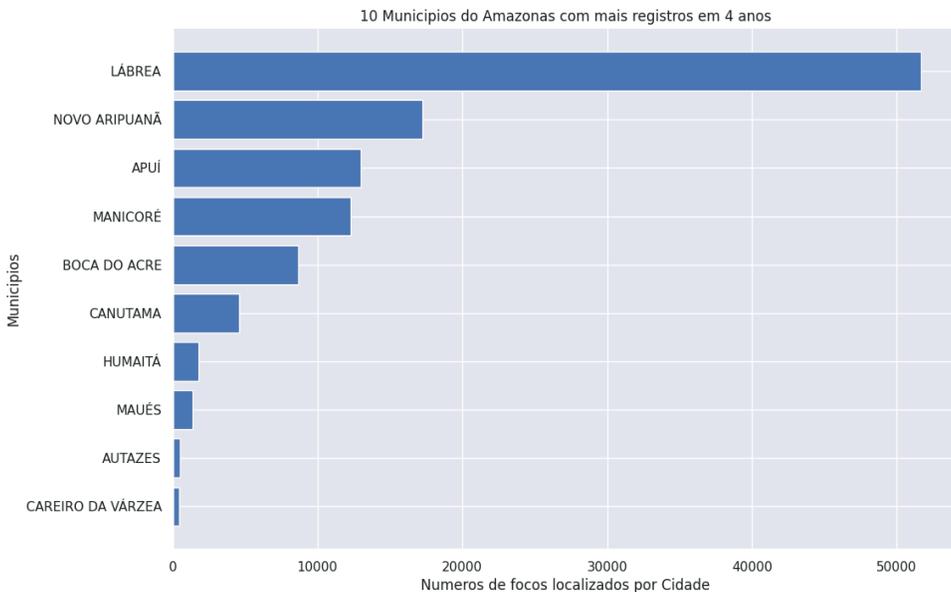


Figura 6 - Registros de queimadas dos municípios do Amazonas

Fonte: Própria (2024)

Além de ser possível visualizar a tendência de localidade das queimadas, também é possível (e necessário) quantificar os focos de queimadas em cada estado a partir dos municípios, e a Figura 7 apresenta um panorama geral dos municípios amazonenses que mais produziram queimadas de 2020 a 2023.

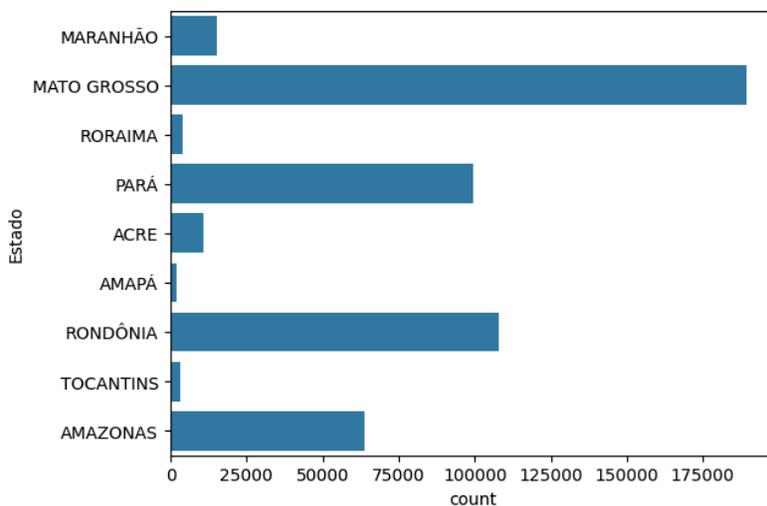


Figura 7 - Registros de queimadas e focos dos estados em 2021

Fonte: Própria (2024)

No que tange a exploração de dados quanto aos estados contidos na Amazônia, é preciso alfinetar o fato de que os estados de Mato Grosso, Pará, Maranhão e Rondônia foram os que mais se destacaram nos registros de focos de incêndio, mesmo não havendo uma tendência a ser anotada, sabe-se que esses 4 estados são os mais recorrentes em recordes de queimadas localizadas.

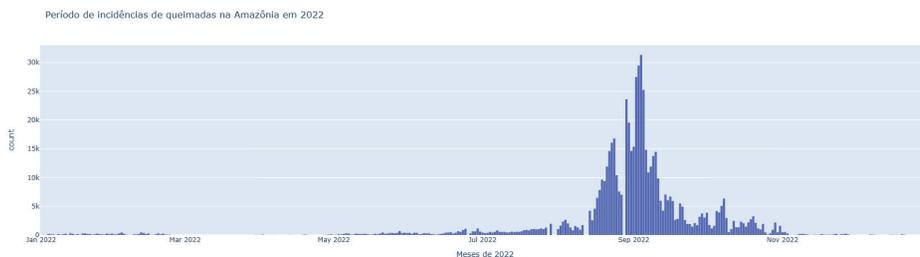


Figura 8 - Registros de queimadas e focos na Amazônia Legal em 2022

Fonte: Própria (2024)

Ao plotar todos os dados de um determinado *dataset* no decorrer do tempo em que estão dispostos, é possível quantificar a quantidade de todos os focos de incêndio e queimadas detectados em série temporal. Os *datasets* de 2020 a 2022 apresentaram um comportamento bem similar, onde as detecções concentram-se entre final de Julho e final de Outubro (diferente do que será apresentado na Figura 9).

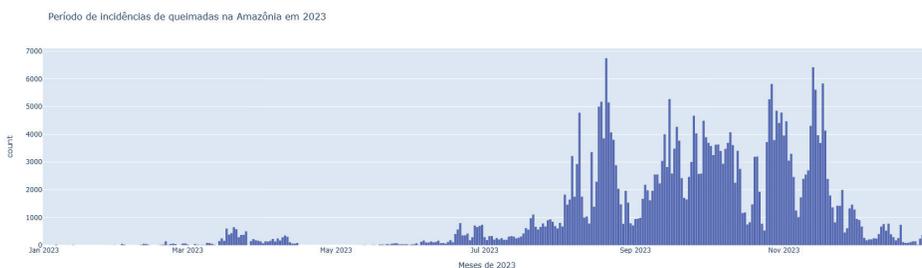


Figura 9 - Registros de queimadas e focos na Amazônia Legal em 2023

Fonte: Própria (2024)

Diferentemente dos demais *datasets*, março e abril apresentam um aumento substancial de registros, além do intervalo de tempo de intensificação das queimadas ter sido alterado, do início de julho até início de dezembro, e por fim, os picos de registros dos focos foram mais frequentes, dos quais foram registrados dias com mais de 5000 registros de queimadas.

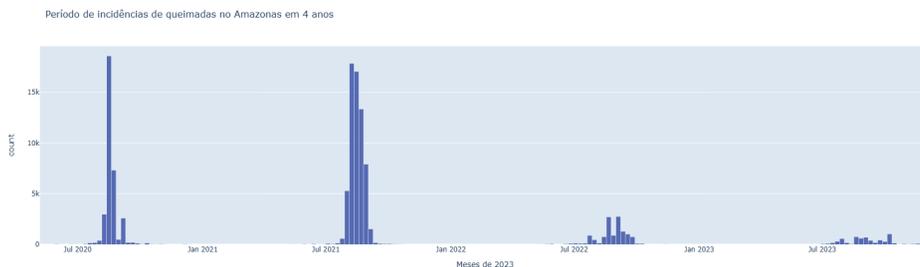


Figura 10 - Registros de queimadas e focos no Amazonas em 4 anos

Fonte: Própria (2024)

Outra forma de explorar os dados distribuídos por estados é a mesclagem dos 4 *datasets* para por em evidenciar as variações de registros no decorrer dos 4 anos, e no caso do Amazonas, nota-se que houve uma maior colaboração na destruição do seu próprio ecossistema principalmente nos anos de 2020 e 2021.

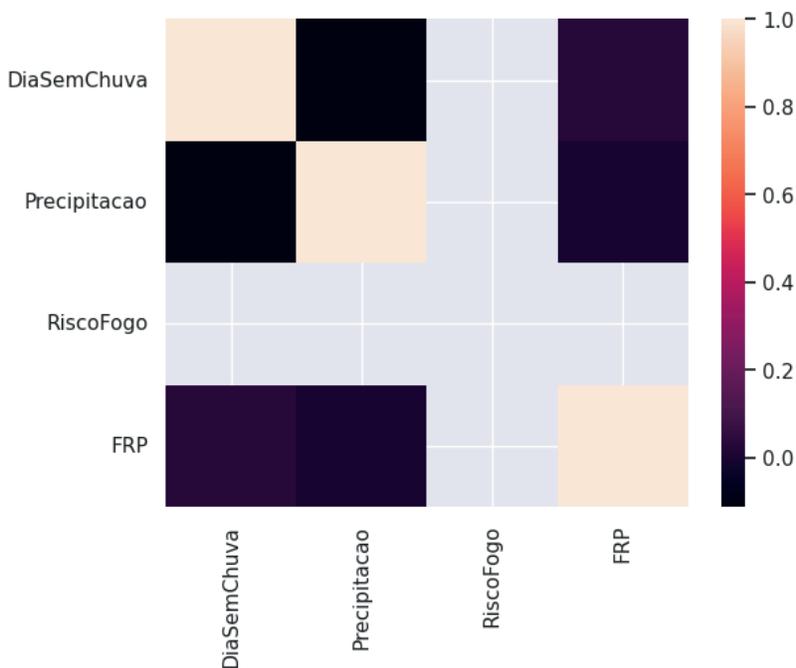


Figura 11 - Heatmap das features do dataset de 2020

Fonte: Própria (2024)

Os *Heatmaps* são uma outra forma de obtenção de informações, porém voltados para o lado mais científico da análise exploratória, onde o pesquisador visa entender como que as *features* dos datasets podem estar ou não correlacionadas (e até se possuem algum

nível de influência) umas com as outras.

E no caso desta pesquisa, as *features* numéricas têm um baixíssimo nível de correlação, o que por sua vez apresenta resultados a serem esperados na seção de Testes de Hipótese.

Esses são alguns dos resultados que puderam ser obtidos através dos métodos da AED, sendo possível extrair diversas informações a respeito das colunas-alvo. E concluído esses procedimentos, partimos para a aplicação dos Testes de Hipótese.

3.1.6 Testes de Hipóteses

Testes de hipótese são uma ramificação da estatística que avalia a precisão de teorias propostas, testando-as em relação aos dados. Permite ao pesquisador, avaliar a importância dos resultados e tomar decisões sobre aceitar ou rejeitar uma determinada hipótese.

Feitos a aplicação dos testes, os resultados estarão dispostos na tabela abaixo, para sumarizar as aplicações feitas nas colunas numéricas 'DiaSemChuva', 'Precipitacao' e 'FRP' dos 4 *datasets*. Alguns dos testes aplicados envolvem o uso de amostras aleatórias, para garantir que não haverá em momento algum a indução/tendência nos resultados apresentados:

| Tipos/Dataset | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Teste de <i>Shapiro-Wilk</i> | Provavelmente Não Gaussiano | Provavelmente Não Gaussiano | Provavelmente Não Gaussiano | Provavelmente Não Gaussiano |
| Coefficiente de Correlação de <i>Pearson</i> | Provavelmente independente | Provavelmente independente | Provavelmente dependente | Provavelmente independente |
| Teste de raiz unitária <i>Dickey-Fuller</i> aumentado | Provavelmente Não Estacionário | Provavelmente Estacionário | Provavelmente Estacionário | Provavelmente Estacionário |
| Teste de Análise de Variância (<i>ANOVA</i>) | Provavelmente a mesma distribuição |
| Teste de <i>Friedman</i> | Provavelmente a mesma distribuição |

Quadro 4 – Resultados dos Testes de Hipótese da 'DiaSemChuva'

| Tipos/Dataset | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Teste de <i>Shapiro-Wilk</i> | Provavelmente Não Gaussiano | Provavelmente Não Gaussiano | Provavelmente Não Gaussiano | Provavelmente Não Gaussiano |
| Coefficiente de Correlação de <i>Pearson</i> | Provavelmente independente | Provavelmente independente | Provavelmente independente | Provavelmente independente |
| Teste de raiz unitária <i>Dickey-Fuller</i> aumentado | Provavelmente Não Estacionário | Provavelmente Estacionário | Provavelmente Estacionário | Provavelmente Estacionário |
| Teste de Análise de Variância (ANOVA) | Provavelmente a mesma distribuição |
| Teste de <i>Friedman</i> | Provavelmente a mesma distribuição |

Quadro 5 – Resultados dos Testes de Hipótese da ‘Precipitacao’

| Tipos/Dataset | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Teste de <i>Shapiro-Wilk</i> | Provavelmente Não Gaussiano | Provavelmente Não Gaussiano | Provavelmente Não Gaussiano | Provavelmente Não Gaussiano |
| Coefficiente de Correlação de <i>Pearson</i> | Provavelmente independente | Provavelmente independente | Provavelmente independente | Provavelmente independente |
| Teste de raiz unitária <i>Dickey-Fuller</i> aumentado | Provavelmente Não Estacionário | Provavelmente Estacionário | Provavelmente Estacionário | Provavelmente Estacionário |
| Teste de Análise de Variância (ANOVA) | Provavelmente a mesma distribuição |
| Teste de <i>Friedman</i> | Provavelmente a mesma distribuição |

Quadro 6 – Resultados dos Testes de Hipótese da FRP

1. Conclusões que podem ser obtidas com o tabelamento dos resultados:
2. Nos Testes de *Shapiro-Wilk*, as distribuições/datasets não possuem uma distribuição normal – no caso dos *datasets* testados, há uma grande volume de dados aglomerados à esquerda da distribuição.
3. O Coeficiente de Correlação de *Pearson* aponta o que foi mostrado nos estudos de correlações e na produção da Matriz de Confusão: ainda que os dados da ‘DiaSemChuva’ de 2022 difere das demais, as variáveis numéricas são independentes entre si (ou seja, sua correlação é muito baixa).

4. Enquanto que os Testes de raiz unitária *Dickey-Fuller* Aumentado mostram que os dados de 3 das 4 distribuições são provavelmente estacionários, e não precisam ser destacados, pois o dataset de 2020 deu por resultado o 'Provavelmente Não Estacionário'.

5. Nos Testes de Análise de Variância é indicado que as médias das distribuições são muito próximas, mesmo com a quantidade de dados desproporcional entre cada dataset, todos são muito semelhantes (visto na parte de correlações entre as classes numéricas).

6. E por fim, os Testes de *Friedman* reforçam o que foi demonstrado nos testes anteriores, os datasets possuem uma similaridade muito alta, o que é mostrado quando os resultados resultam em 'Provavelmente a mesma distribuição'.

Todos os testes aqui mencionados e utilizados além de comprovarem um comportamento e tendência de dados extremamente próximos, também servem como evidência de que os dados minerados e extraídos estarão isentos de quaisquer erros ou manipulações tendenciosas no decorrer da pesquisa.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente, pode-se notar que a AED é um ramo da ciência que vem recebendo maior atenção da comunidade acadêmica para produção de informações sobre os biomas e ecossistemas pesquisados, além de produzir informações vitais para elaboração de estratégias preventivas e de preservação do meio-ambiente em questão.

Seu uso apresenta uma realidade de aumento anual na detecção dos focos de queimadas na região amazônica, redução na quantidade de chuva e maiores chances de picos de queimadas, demonstrando a ineficácia das políticas públicas de enfrentamento a essas eventualidades, e uma urgência no remanejamento dos recursos dispostos para o combate das queimadas.

Além de fornecer informações preliminares a respeito dos dados do INPE, a AED é facilmente maleável para quaisquer necessidades de pesquisas, e até de facilitar determinados processos de filtração e seleção dos dados, conforme visto na etapa de tratamento dos *datasets*. Os resultados da pesquisa apresentam uma situação que exige mais atenção por parte das autoridades competentes quanto a preservação da Amazônia Legal, e a Análise Exploratória pode contribuir de forma significativa ao enfrentamento das queimadas, contribuindo assim para a sustentabilidade e melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

Tendo em vista o alto grau de especificidade proposto no título do mapeamento, há a possibilidade de realizar algumas melhorias na base teórica e nos processos metodológicos aqui apresentados. Na fundamentação, o uso de periódicos e revistas científicas especializadas na temática ambiental e/ou da ciência de dados, pode ampliar

os horizontes e as ideias de aplicabilidade da AED para problemas de cunho ecológico. Quanto aos processos metodológicos, uma busca mais aprofundada sobre o estado da arte é capaz de proporcionar um leque de possibilidades e métodos que seriam de grande contribuição para a pesquisa aqui apresentada.

REFERÊNCIAS

[1] MACHADO, R. **Análise de Dados de queimadas ocorridas nos últimos anos no estado do Tocantins**. 44f. Monografia (Graduação). Curso de Ciência da Computação. Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2022. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/6136>. Acesso em: 8 jun. 2024.

[2] OLIVEIRA, P. **Uso de aprendizagem de máquina e redes neurais convolucionais profundas para a classificação de áreas queimadas em imagens de alta resolução espacial**. 2019. viii, 23 f., il. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Acesso em: 20 abril 2024.

[3] LOPES, G.; ALMEIDA, A.; DELBEM, A.; TOLEDO, C. **Introdução à análise exploratória de dados com python**. Minicursos ERCAS ENUCMPI, 2019, 160-176. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336778766_Introducao_a_Analise_Exploratoria_de_Dados_com_Python. Acesso em: 14 jun. 2024.

[4] DE OLIVEIRA, E. **Análise de séries temporais para previsão de demanda no INSS**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Ciência de Dados) – Escola Nacional de Administração Pública. Acesso em: 28 maio 2024.

[5] LINHARES, J. E. B. de S.; ASCENSO ROSA, R. R. P.; LAVAREDA FILHO, R. M. **Influência das comorbidades para a ocorrência de óbitos por COVID-19 em 2020: razão de chances no estado do Amazonas**. HU Revista, [S. l.], v. 48, p. 1–8, 2022. DOI: 10.34019/1982-8047.2022.v48.37689. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/hurevista/article/view/37689>. Acesso em: 5 jun. 2024.

[6] HURTADO, S.; REGINA, B.; DA FONSECA, E. **Uso De Dados Abertos Como Estratégia De Apoio A Tomada De Decisões No Combate A Incêndios Florestais No Bioma Pantanal Do Mato Grosso Do Sul**. Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN), v. 6, n. 1, 3 nov. 2022. Acesso em: 15 maio 2024.

[7] Barbosa, A. **Incêndios em vegetação no município de Mirador-MA: o estudo de modelos preditivos baseados em dados atmosféricos**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais Bombeiro Militar) - Universidade Estadual do Maranhão. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/handle/123456789/1477>. Acesso em: 14 maio 2024.

[8] CARRILHO, A.; MACHADO, D. **Monitoramento de queimadas no município de Novo Progresso – PA, nos períodos de 2019 e 2020 com o uso do MapBiomas**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/2489>. Acesso em: 11 maio 2024.

[9] FANTINATTI, Gabriela Fernanda. **Comparação de algoritmos preditivos para incêndios em canais**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021. Acesso em: 17 mar. 2024.

[10] DIAS, A. **Uma Análise Exploratória de Dados sobre incêndios florestais no Brasil**. 2019. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Computação e Automação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Acesso em: 25 mar. 2024.

[11] GOMES, V.; QUEIROZ, G. R.; FERREIRA, K.; SATO, L. Y.; SANTOS, R.; MORELLI, F. **Um ambiente para análise exploratória de grandes volumes de dados geoespaciais: explorando risco de fogo e focos de queimadas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOINFORMÁTICA, 18. (GEOINFO), 2017, Salvador. Anais... São José dos Campos: INPE, 2017. p. 301-309. Pendrive, Online. ISSN 2179-4820. IBI:<8JMKD3MGPDW34P/3QCRA6L>. Disponível em: <http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGPDW34P/3QCRA6L>. Acesso em: 10 maio 2024.

[12] COSTA, J.; HENRIQUES, F; BELLOZE, K. Análise de Dados de Focos de Calor no Brasil Através de Técnicas de Visualização. In: BRAZILIAN E-SCIENCE WORKSHOP (BRESOI), 15, 2021, Evento Online. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 17-24. ISSN 2763-8774. DOI: <https://doi.org/10.5753/bresoi.2021.15784>. Acesso em: 13 maio 2024.

TECNOLOGIA BLUETOOTH: UMA ANÁLISE SOBRE A VISÃO GERAL E INTRODUÇÃO AO FUTURO DO BLUETOOTH 6.0

Data de submissão: 09/10/2024

Data de aceite: 01/11/2024

Gabriel Costa Cardoso

<https://lattes.cnpq.br/3874973665614685>

Fabiann Matthaus Dantas Barbosa

<http://lattes.cnpq.br/3769505772789674>

RESUMO: Em meados dos anos 2000, a tecnologia Bluetooth surgiu como uma solução inovadora para a comunicação sem fio entre dispositivos, oferecendo praticidade e eficiência. Inicialmente com limitações de velocidade, performance e relativo alto custo energético, a tecnologia Bluetooth evoluiu grandemente após décadas de desenvolvimento e versões lançadas, resolvendo suas limitações e implementando novas funcionalidades. Dentre as inovações que surgiram, destaca-se a introdução das tecnologias Bluetooth BR/EDR, que melhoraram a taxa de transferência de dados e a eficiência energética, e o Bluetooth Low Energy, que revolucionou a forma como dispositivos de baixo consumo se conectam. Este presente trabalho busca explorar a evolução da tecnologia Bluetooth historicamente, apresentando suas principais características através das versões, aplicações e inovações esperadas para o Bluetooth 6.0, assim como discutir

impactos futuros.

PALAVRAS-CHAVE: Bluetooth, Bluetooth Classic, Bluetooth Low Energy, LE audio

ABSTRACT: In the mid-2000s, Bluetooth technology emerged as an innovative solution for wireless communication between devices, offering practicality and efficiency. Initially limited in speed, performance, and relatively high energy cost, Bluetooth technology has greatly evolved after decades of development and released versions, overcoming its limitations and implementing new functionalities. Among the innovations that emerged, the introduction of Bluetooth BR/EDR technologies stands out, which improved data transfer rates and energy efficiency, as well as Bluetooth Low Energy, which revolutionized how low-power devices connect. This paper aims to explore the historical evolution of Bluetooth technology, presenting its main characteristics through the versions, applications, and expected innovations for Bluetooth 6.0, as well as discussing future impacts.

KEYWORDS: Bluetooth, Bluetooth Classic, Bluetooth Low Energy, LE audio

1 | INTRODUÇÃO

O Bluetooth é uma tecnologia de comunicação sem fio que desempenha um papel fundamental na conectividade de dispositivos eletrônicos, permitindo a transmissão de dados e a interação sem a necessidade de cabos. Desde seu lançamento, o Bluetooth evoluiu continuamente para atender às demandas crescentes por maior velocidade, menor consumo de energia e conectividade de longo alcance. Essas melhorias resultaram no surgimento de diferentes modalidades, como o Bluetooth Clássico e o Bluetooth Low Energy (BLE), que foram otimizadas para diferentes aplicações e contextos. Mais recentemente, as expectativas para o Bluetooth 6.0 têm gerado discussões no meio acadêmico e na indústria tecnológica, sugerindo novos avanços e possibilidades para a conectividade sem fio.

O Bluetooth Clássico é amplamente utilizado em dispositivos que requerem transmissão contínua de dados, como fones de ouvido, alto-falantes e controles de jogos. Em contrapartida, o Bluetooth Low Energy foi projetado para reduzir drasticamente o consumo de energia, tornando-o ideal para dispositivos de Internet das Coisas (IoT), sensores e dispositivos vestíveis. Com a introdução do Bluetooth 5.0, as capacidades de transmissão e alcance foram ampliadas, pavimentando o caminho para a próxima geração, o Bluetooth 6.0, que promete transformações significativas no cenário de conectividade.

Este presente trabalho busca explorar a evolução dessas tecnologias, apresentando suas principais características, aplicações e inovações esperadas para o Bluetooth 6.0. Por meio de um estudo comparativo, pretende-se esclarecer como cada versão atende a diferentes necessidades e como o futuro do Bluetooth pode impactar a conectividade em diversos setores, desde dispositivos pessoais até soluções industriais e de automação inteligente.

2 | METODOLOGIA

O presente trabalho adotou uma metodologia baseada em revisão bibliográfica e pesquisa exploratória, com o objetivo de realizar um estudo preliminar sobre a tecnologia Bluetooth, abordando os principais conceitos de Bluetooth Classic, Bluetooth Low Energy e as perspectivas futuras da tecnologia a partir da versão 6.0. A pesquisa teve como objetivo identificar os avanços das diferentes versões de Bluetooth ao longo de seu desenvolvimento, aplicações práticas e inovações tecnológicas prometidas pela versão 6.0.

Utilizando as palavras-chaves “*Bluetooth*”, “*Bluetooth Classic*”, “*Bluetooth Low Energy*” e “*LE Audio*”, a partir do *google scholar*, foi possível identificar cerca de cinco trabalhos científicos relevantes e de referência para o presente trabalho, além de outros trabalhos correlatos, que serviram de base para o aprofundamento teórico e a escrita do presente trabalho.

Foram estabelecidas 4 etapas para análise exploratória dos artigos recolhidos:

1. Investigação e seleção: Envolveu a identificação dos artigos mais relevantes e de referência a partir das palavras-chave definidas. O critério de inclusão baseou-se na atualidade das publicações, priorizando aquelas dos últimos cinco anos;
2. Análise e especificação: Após a seleção, foi realizada uma leitura crítica de cada artigo, identificando os principais conceitos e contribuições teóricas. Esta etapa permitiu categorizar as publicações de acordo com as versões do Bluetooth discutidas, separando os que tratavam do Bluetooth Classic e do BLE.
3. Análise exploratória: Nessa fase, aprofundou-se a compreensão dos principais pontos de inovação de cada tecnologia, comparando desempenho, consumo energético e aplicações práticas, entendendo o impacto das inovações do Bluetooth em diferentes setores, como dispositivos vestíveis, automotivos e médicos. Foram elaboradas tabelas informativas, com base em artigos identificados, sobre as versões de Bluetooth.
4. Análise dos resultados e especificação das contribuições: Por fim, realizou-se uma síntese das informações obtidas, destacando as contribuições de cada trabalho e suas inter-relações. As conclusões foram embasadas nas análises e nas lacunas identificadas, apontando oportunidades para futuras pesquisas.

Também foram utilizados documentos e relatórios publicados pelo grupo Bluetooth Sig, entidade responsável pelo desenvolvimento e manutenção da tecnologia Bluetooth, como fonte complementar. Foram adquiridas informações sobre a tecnologia Bluetooth BR/EDR, Bluetooth Low Energy e Bluetooth 6.0, que contribuíram significativamente para o embasamento teórico e forneceram dados quanto a versões antigas e mais recentes de Bluetooth.

3 | RESULTADOS

3.1 Bluetooth

A tecnologia Bluetooth, oficialmente lançada em 1999, é uma tecnologia disruptiva que vem evoluindo significativamente desde seu lançamento. Ao longo de sua trajetória lançou diversas versões com evoluções expressivas de eficiência energética, desempenho e conectividade, que estabelecem a tecnologia como uma das principais e mais eficientes tecnologias de conexão sem fio. Destaque para as versões 4.0 e 5.0 que, respectivamente, introduziram Bluetooth Low Energy, criando dispositivos de baixo custo energético, e aumento de alcance e velocidade de transmissão.

O mercado de tecnologia Bluetooth vem apresentando um considerável crescimento em 2024, projetando aproximadamente USD 29,1 bilhões até 2028, com uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 8,48% entre 2023 e 2028. É considerável o aumento da demanda por dispositivos com tecnologia Bluetooth em busca de soluções inteligentes aplicáveis à Internet das Coisas (IOT), automação industrial e residências

inteligentes, assim como outros setores de mercado, e a procura pelo consumidor direto por conexões sem fio em seus dispositivos de uso diário, como smartphones e relógios inteligentes. (TECHNAVIO, 2024; MORDOR INTELLIGENCE, 2024).

Os benefícios da tecnologia Bluetooth abrangem diversas aplicações e públicos, desde o setor corporativo até o consumidor final, assim, mantendo-se firme como tecnologia central ao se tratar de conexão sem fio moderna. Com o futuro lançamento da versão 6.0 espera-se que a tecnologia continue a crescer, expandindo o escopo, aumentando seu desempenho e atendendo as necessidades globais por melhores tecnologias sem fio.

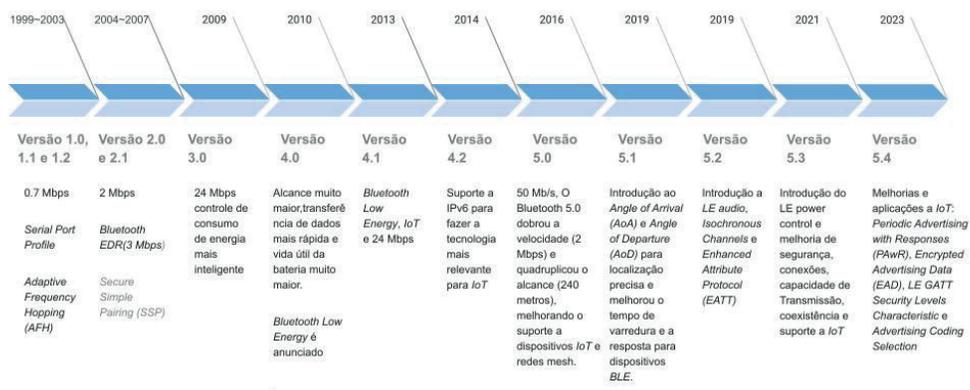


Figura 1 - Breve história da tecnologia *Bluetooth* e de suas versões

3.2 Bluetooth Classic

Bluetooth Classic, também conhecido como Bluetooth BR/EDR (Basic Rate/Enhanced Data Rate), é uma especificação de Bluetooth desenvolvido para ser possível estabelecer conexão com equipamentos eletrônicos em geral aptos. Grandemente utilizado para fones de ouvidos, alto-falantes e smartphones para transferência de dados.

Bluetooth BR/EDR em três versões gerais de Bluetooth:

3.2.1 Bluetooth versão 1.0 (1.0, 1.1 e 1.2)

Bluetooth versão 1.0 (1.0, 1.1 e 1.2), lançado entre 1999 até 2003, é a primeira versão de Bluetooth a estabelecer conexão de comunicação sem fio entre dispositivos eletrônicos. Entre as suas principais características, a taxa de transferência era de até 0.7 Mbps e com alcance máximo de 10 metros. Na versão 1.0 também foi introduzido os primeiros perfis Bluetooth, que estabelecem conexão entre dispositivos e como interagem

entre si.

3.2.2 Bluetooth versão 2.0 (2.0 e 2.1)

Introduzido de 2004 até 2007, a versão 2.0 (2.0 e 2.1) introduziu uma das principais funcionalidades da tecnologia Bluetooth, a funcionalidade *Enhanced Data Rate* (EDR), que permitia transmissões de dados até três vezes mais rápidas que as versões anteriores, atingindo incríveis 3 Mbps. Além da introdução de *Enhanced Data Rate* (EDR), houve uma melhora expressiva na eficiência energética, interoperabilidade e segurança. Novos perfis foram adicionados. Especialmente benéfico para soluções que exigem grande banda larga.

3.2.3 Bluetooth versão 3.0

Introduzido em 2009, a versão 3.0 trouxe grandes melhorias se comparado a versão 1.0 e 2.0. A principal feature introduzida foi o conceito de *Bluetooth High Speed*, que aumentou a taxa de transferência, chegando a até 24 Mbps. Outras funcionalidades e melhorias introduzidas foram: Melhor eficiência energética, se comparado às versões anteriores. Criação de um processo de emparelhamento mais eficaz e rápido. Foi estabelecido compatibilidade com as versões anteriores de Bluetooth.

| Especificação de bluetooth | v1.1 | v2.0+EDR | v2.2+EDR | v3.0+HS |
|----------------------------|------|----------|----------|---------|
| Ano | 2002 | 2004 | 2007 | 2009 |
| <i>Basic rate</i> | YES | YES | YES | YES |
| <i>Enhanced Data Rate</i> | NO | YES | YES | YES |
| <i>High Speed (HS)</i> | NO | NO | NO | YES |
| <i>Low Power (LE)</i> | NO | NO | NO | NO |

Tabela 1 - Características gerais das versões 1.0, 2.0 e 3.0 (Adaptado de 25 Years of Bluetooth Technology, 2019)

3.3 Bluetooth Low Energy

O Bluetooth Low Energy (BLE), introduzido na versão 4.0, surgiu como uma tecnologia voltada para aplicações que exigem baixo consumo de energia e alta eficiência na transmissão de dados. Diferente do Bluetooth clássico, o Bluetooth Low Energy foi projetado para permitir que dispositivos operem por longos períodos utilizando baterias de baixa capacidade, o que o torna ideal para sensores, dispositivos vestíveis (wearables) e aplicações de Internet das Coisas (Internet of Things - IoT).

Nos dias de hoje, Bluetooth Low Energy é uma importante solução em diferentes setores, como automação residencial, dispositivos vestíveis e aplicações industriais. Estimativas apontam que o mercado global de dispositivos Bluetooth crescerá a uma taxa

anual de 13,1%, passando de 52,93 bilhões de dólares em 2024 para 98,24 bilhões de dólares até 2029 (GLOBENEWSWIRE, 2024). Esse crescimento se deve à crescente demanda por dispositivos eficientes energeticamente e à capacidade do BLE de prover comunicação sem fio de baixo consumo energético, facilitando o uso em serviços de rastreamento de ativos, navegação interna e marketing de proximidade (ENCSTORE, 2024).

3.3.1 Bluetooth versão 4.0 (4.0, 4.1 e 4.2)

Introduzido entre 2010 e 2014, a versão 4.0 introduziu Bluetooth Low Energy, que foi um marco significativo para a tecnologia Bluetooth. Bluetooth Low Energy foi projetado para ser possível estabelecer conexão entre dispositivos com baixíssimo consumo energético. Foi de grande importância para aplicações e soluções na área da saúde, automação residencial e dispositivos vestíveis, como relógios inteligentes e *hearing aid*.

A versão 4.0 conseguiu aprimorar tempo de conexão, aumento na velocidade de conexão mesmo com baixo consumo energético, aprimorou alcance para até 60 metros e compatibilidade entre dispositivos, além de ser possível estabelecer conexão com as versões anteriores.

3.3.2 Bluetooth versão 5.0 (5.0, 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4)

Introduzido inicialmente em 2016 e tendo seu desenvolvimento até 2023, a versão 5.0 foi a versão que mais lançou atualizações/versões. A versão 5.0 trouxe um aumento expressivo de desempenho e novas funcionalidades.

As principais melhorias na versão 5.0 (5.0, 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4) se deram a partir na melhora de distância, transmissão de dados e quantidade de dispositivos suportados ao mesmo tempo. Assim como melhoria na localização através das features Angle of Arrival (AoA) e Angle of Departure (AoD). Como foco em áudio foi adicionado Multi-Stream Audio, feature que tem como objetivo de permitir suporte a vários fluxos de áudio simultaneamente.

Estabelecimento do *Enhanced Attribute Protocol (EATT)*, que melhora a comunicação entre dispositivos e possibilita a transferência de dados de forma mais eficiente. Introdução de um controle de potência chamado Power Control. Destaca-se também a criação do conceito de LE audio e o codec LC3.

| | | | | |
|----------------------------|-----------|------|------|------|
| Especificação de bluetooth | v4.0 + LE | v4.1 | v4.2 | v5.0 |
| Ano | 2010 | 2013 | 2014 | 2016 |
| <i>Basic rate</i> | YES | YES | YES | YES |
| <i>Enhanced Data Rate</i> | YES | YES | YES | YES |
| <i>High Speed (HS)</i> | YES | YES | YES | YES |
| <i>Low Power (LE)</i> | YES | YES | YES | YES |

Tabela 2 - Características gerais das versões 4.0 e 5.0 (Adaptado de 25 Years of Bluetooth Technology, 2019)

3.3.3 Bluetooth Mesh

Desenvolvido a partir de *Bluetooth Low Energy*, *Bluetooth Mesh* é uma recente tecnologia com foco em Internet das Coisas (*IOT*) e que representa uma solução inteligente devido ao conceito de conexão *many-to-many* (*muitos para muitos*). Criado com o objetivo de permitir conexões seguras e padronizadas para muitos dispositivos simultaneamente, possibilita a criação de conexões e troca de informações com dezenas de milhares de dispositivos, cada um com a capacidade de comunicação com qualquer outro dispositivo na rede.

Sendo um conceito relativamente novo e que ainda está em evolução, Bluetooth Mesh tem como principal característica a comunicação em malha, que permite os dispositivos conectados comunicarem entre si, assim como a escalabilidade, baixo consumo de energia e segurança.

| | Bluetooth Classic | Bluetooth Low Energy |
|-----------------------|--|--|
| <i>Frequency band</i> | 2.4GHz ISM Band (2.402 – 2.480 GHz Utilized) | 2.4GHz ISM Band (2.402 – 2.480 GHz Utilized) |
| <i>Channels</i> | 79 channels with 1 MHz spacing | 40 channels with 2 MHz spacing (3 advertising channels/37 data channels) |
| <i>Channel Usage</i> | Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS) | Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS) |
| <i>Modulation</i> | GFSK, $\pi/4$ DQPSK, 8DPSK | GFSK |
| <i>Data Rate</i> | EDR PHY (8DPSK): 3 Mb/s EDR PHY ($\pi/4$ DQPSK): 2 Mb/s BR PHY (GFSK): 1 Mb/s | LE 2M PHY: 2 Mb/s LE 1M PHY: 1 Mb/s LE Coded PHY (S=2): 500 Kb/s LE Coded PHY (S=8): 125 Kb/s |
| <i>Tx Power</i> | ≤ 100 mW (+20 dBm) | ≤ 100 mW (+20 dBm) |
| <i>Rx Sensitivity</i> | ≤ -70 dBm | LE 2M PHY: ≤ -70 dBm LE 1M PHY: ≤ -70 dBm LE Coded PHY (S=2): ≤ -75 dBm LE Coded PHY (S=8): ≤ -82 dBm |

| | | |
|---------------------------------|---|---|
| <i>Data Transports</i> | <i>Asynchronous Connection-oriented Synchronous Connection-oriented</i> | <i>Asynchronous Connection-oriented Isochronous Connection-oriented Asynchronous Connectionless Synchronous Connectionless Isochronous Connectionless</i> |
| <i>Communication Topologies</i> | <i>Point-to-Point (including piconet)</i> | <i>Point-to-Point (including piconet) Broadcast Mesh</i> |
| <i>Positioning Features</i> | <i>None</i> | <i>Presence: Advertising Direction: Direction Finding (AoA/AoD) Distance: RSSI, Channel Sounding</i> |

Tabela 3 - Comparação das Tecnologias Bluetooth Classic e Bluetooth Low Energy (Adaptado de BLUETOOTH SIG, 2024).

3.4 Bluetooth 6.0 - Visão geral

Lançado em 2024, a versão 6.0 de Bluetooth traz um crescimento considerável de performance e funcionalidades voltadas para streaming de áudio, redes de dispositivos e serviços de localização. As novas features proporcionam uma melhor experiência para o usuário e ampliam o escopo de funcionalidades para grandes empresas.

As principais funcionalidades adicionadas são:

- Bluetooth Channel Sounding – “Uma das características mais notáveis do Bluetooth 6.0 é a adição de channel sounding, que permite a medição de distância bidirecional entre dois dispositivos Bluetooth LE. Esta atualização está prestes a revolucionar a precisão de medição de distância e alcance” (SILICON LABS, 2024).
- Decision-Based Advertising Filtering and Monitoring Advertisers – “Essas funcionalidades melhoram a eficiência da varredura de um dispositivo Bluetooth. Enquanto a filtragem baseada em decisão ajuda a melhorar a eficiência, reduzindo o tempo gasto na varredura de pacotes de dados, o monitoramento de anunciantes utiliza a interface do controlador de host (HCI) para rastrear quando os dispositivos entram e saem da área de cobertura” (SILICON LABS, 2024).
- ISOAL Enhancement – “Aumenta a confiabilidade na transmissão de dados e reduz a latência que vem com a geração de PDUs (Protocol Data Units) estruturados” (SILICON LABS, 2024).
- LL Extended Feature Set – “Esse recurso permite que os dispositivos troquem características da camada de enlace que suportam” (SILICON LABS, 2024).
- Frame Space Update – “Permite um espaçamento negociável entre fluxos isócronos e eventos de conexão, otimizando o throughput de dados” (SILICON LABS, 2024).

Bluetooth 6.0 e os novos recursos adicionados, especialmente Bluetooth Channel Sounding, tem como objetivo principal a melhora de localização e reconhecimento de

proximidade.

4 | DISCUSSÃO - BLUETOOTH 6.0 E O FUTURO

O Bluetooth 6.0 avança de significativa, aprimorando cenários Bluetooth de conectividade, localização e reconhecimento de proximidade. Espera-se que, com as inovações introduzidas pelo Bluetooth 6.0, o desempenho em cenários de longa distância, transmissão de dados e redução de latência melhorem consideravelmente. Também é esperado grande aprimoramento no desempenho das redes mesh, tecnologia relativamente recente, permitindo que a tecnologia se torne mais robusta e confiável.

Em meio ao grande desenvolvimento esperado da versão 6.0 de Bluetooth, as novas funcionalidades prometem novas soluções e melhor eficiência em diversas áreas, como Internet das Coisas (IoT), sensores e dispositivos vestíveis, beneficiando diferentes públicos, de consumidores finais até grandes empresas.

Bluetooth 6.0, com suas novas tecnologias e funcionalidades, promete um futuro promissor. O Bluetooth 6.0 não aprimora sobre localização e reconhecimento de proximidade, mas como consequência cria um novo caminho para tecnologias mais fluidas, conectadas e inteligentes, melhorando o estilo de vida do público consumidor de tecnologias Bluetooth.

5 | CONCLUSÃO

Este estudo tem como objetivo analisar brevemente a história, as diferentes versões e as perspectivas futuras da tecnologia Bluetooth, com especial destaque para a versão 6.0. A proposta é proporcionar uma visão global e promover o debate sobre o progresso contínuo desta tecnologia inovadora.

Examinando a trajetória do Bluetooth, é possível reconhecer sua importância como tecnologia revolucionária no contexto dos dispositivos móveis. Além disso, o Bluetooth desempenha um papel fundamental na Internet das Coisas (IoT), na automação industrial e na automação industrial. A capacidade do Bluetooth de conectar dispositivos de maneira eficiente e sem fio transformou a maneira como interagimos com a tecnologia todos os dias.

A avaliação das versões do Bluetooth e das tendências emergentes proporciona uma melhor compreensão das inovações esperadas. Isto provoca discussões sobre o impacto da tecnologia no futuro das comunicações sem fio. À medida que avançamos para um mundo cada vez mais conectado, é essencial pensar em como as atualizações do Bluetooth, especialmente a versão 6.0, podem afetar não apenas a forma como os dispositivos se comunicam, mas também como essas interações moldam a nossa vida diária.

REFERÊNCIAS

1. **GLOBENEWSWIRE.** Global Bluetooth Devices Market Analysis Report 2024-2029. Disponível em: <https://www.globenewswire.com>. Acesso em: 01 out. 2024.
2. **ENCSTORE.** Bluetooth Low Energy (BLE): Trends and Challenges in 2024. Disponível em: <https://www.encstore.com>. Acesso em: 01 out. 2024.
3. **BLUETOOTH SIG.** Bluetooth technology overview. Disponível em: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/tech-overview/>. Acesso em: 02 out. 2024.
4. **Core Specification 5.3 – Bluetooth® Technology Website.** Disponível em: <https://www.bluetooth.com/specifications/specs/core-specification-5-3/>. Acesso em: 04 out. 2024.
5. **BLUETOOTH SPECIAL INTEREST GROUP.** Bluetooth® Core Specification version 6.0 Feature Overview. Disponível em: <https://www.bluetooth.com>. Acesso em: 08 out. 2024.
6. **BLUETOOTH SPECIAL INTEREST GROUP.** Bluetooth Channel Sounding: A Technical Overview. Disponível em: <https://www.bluetooth.com>. Acesso em: 08 out. 2024.
7. **HE, N.** Guide on Different Bluetooth Versions: From 1.0 to 6.0 and Beyond. Disponível em: <https://www.mokosmart.com/guide-on-different-bluetooth-versions/>. Acesso em: 04 out. 2024.
8. **What is Bluetooth® mesh?** Disponível em: <https://support.bluetooth.com/hc/en-us/articles/360049491971-What-is-Bluetooth-mesh>. Acesso em: 08 out. 2024.
9. **SILICON LABS.** The new and improved Bluetooth 6.0. Disponível em: <https://www.silabs.com/blog/the-new-and-improved-bluetooth-6-0>. Acesso em: 08 out. 2024.
10. **Introducing Bluetooth Mesh Networking.** Disponível em: <https://www.bluetooth.com/blog/introducing-bluetooth-mesh-networking/>. Acesso em: 08 out. 2024.
11. **The Bluetooth® Mesh Primer | Bluetooth® Technology Website.** Disponível em: <https://www.bluetooth.com/bluetooth-mesh-primer/>. Acesso em: 08 out. 2024.
12. **BLUETOOTH SPECIAL INTEREST GROUP.** Bluetooth 1.0 Overview. Disponível em: Bluetooth 1.0. Acesso em: 08 out. 2024.
13. **BLUETOOTH SIG.** Bluetooth Core Specification Version 3.0. Disponível em: Bluetooth SIG. Acesso em: 08 out. 2024.
14. **BLUETOOTH SPECIAL INTEREST GROUP (SIG).** Bluetooth 5.0. Disponível em: Bluetooth SIG. Acesso em: 08 out. 2024.
15. **WANG, Jian; LIANG, Hui.** Bluetooth 5.2 technology and application. International Journal of Advanced Network, Monitoring and Controls, v. 6, n. 2, p. 32-36, 2021. Disponível em: DOI: 10.21307/ijanmc-2021-014.
16. **LIU, Chendong; ZHANG, Yilin; ZHOU, Huanyu.** A comprehensive study of Bluetooth Low Energy. Journal of Physics: Conference Series, v. 2093, p. 1-8, 2021. Disponível em: DOI: 10.1088/1742-6596/2093/1/012021.

17. AL-SHAREEDA, Mahmood A.; SAARE, Murtaja Ali; MANICKAM, Selvakumar; KARUPPAYAH, Shankar. Bluetooth low energy for internet of things: review, challenges, and open issues. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, v. 31, n. 2, p. 1182-1189, 2023. Disponível em: DOI: 10.11591/ijeecs.v31.i2.pp1182-1189.

18. ZEDADALLY, Sherali; SIDDIQUI, Farhan; BAIG, Zubair. 25 Years of Bluetooth Technology. Future Internet, v. 11, n. 194, p. 1-24, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-5903/11/9/194>. Acesso em: 04 out. 2024.

FABRÍCIO MORAES DE ALMEIDA - De forma geral, tem atuação em: Consultoria/ Pesquisa na área de ciências exatas, computação e engenharia. Além disso, é Professor Associado 4 do Departamento de Engenharia Elétrica – UFRO e Docente/Pesquisador do Programa de Doutorado PGDRA/UFRO. Ademais, é Doutor em Física pela UFC (2005) com pós-doutorado – UFMT/CNPq (2009) e com especializações nas áreas de: Engenharia Elétrica/Produção/Controle e Automação Industrial/ Software/Análise e desenvolvimento de Sistemas. E para saber mais, acesse: <http://lattes.cnpq.br/5959143194142131>.

A

Análise de dados 34

Android Studio 73, 75

Aplicabilidade da AED 97

Aplicativos 53, 54, 55, 60, 62, 64, 65, 66, 69, 75, 79

Arquitetura da GraphXTable 41, 42

Arquitetura do sistema 27, 28, 29, 42, 46, 76

B

Bluetooth 6.0 99, 100, 101, 106, 107, 108

Bluetooth Classic 99, 100, 101, 102, 105, 106

Bluetooth low energy 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 108, 109

Bootstrap 27

C

Cascading Style Sheets (CSS) 27

CMAUT 2, 11

Consistência e Padronização 24

Controle de acesso 18, 19, 20, 21, 24, 25, 27, 30, 31, 32

D

Data analysis 34, 35, 83, 85

Data Visualization 83

Design de interface 18, 22, 23, 24, 68, 69, 70, 79

Diagrama de caso de uso 77

Dispositivos móveis 53, 107

Diving aid 1, 2, 9, 12, 16

Draw.io 75

E

Experiência de usuário 28, 39, 40, 41, 56, 68, 70

Experiência do Usuário (UX) 53, 54, 55, 56, 64, 66, 68, 69, 70, 75, 78, 80

Exploratory Data Analysis 83, 85

Express 39, 42, 45, 47

F

Ferramentas de IA 45, 47

G

Generative AI 35, 52

Geração X: 4 erros em média por usuário 63

Geração Z: 1 erro em média por usuário 63

Gráficos estatísticos 34, 36, 37, 47, 51

H

Heatmaps 93

Hipótese alternativa (H1) 48

Hipótese nula (H0) 48

HyperText Markup Language (HTML) 27

I

IA Generativa 34, 36, 38, 45

IHC 53

Internet das Coisas (IoT) 100, 107

J

Javascript (JS) 27

L

LE audio 99, 100, 104

M

Murky Waters in the Western Amazon 1, 16

MySQL 27, 28, 39, 42, 47

N

Next.js 39, 41, 45, 46

Node.js 39, 45, 47

P

Prevenção de erros 24, 31, 56, 71

Printed Circuit Board (PCB) 14

Printed Circuit Board (PCI) 14

Prototype circuit 15

R

React 39, 45, 46

S

Sensor 1, 2, 3, 12, 13, 16, 21, 81

Sistema de Controle de Acesso ao Refeitório (SCAR) 24, 25, 30

Sistemas Mobile 68

Statistical Methods 83

T

Tecnologias biométricas 20, 21

Testes Lógicos Internos 28

Transporte público e Mobilidade Urbana 53

U

Usabilidade 18, 22, 23, 24, 31, 33, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 68, 69, 70, 71, 75, 78, 79, 80, 81, 82

V

Variation limit of 4.5V 16

Visual Studio Code 27

X

XAMPP 27

Engenharia de computação

*com foco em qualidade, produtividade
e inovação tecnológica*

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Engenharia de computação

*com foco em qualidade, produtividade
e inovação tecnológica*

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉️ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br