

REVISTA ESFERA ACADÊMICA TECNOLOGIA  
VOLUME 9 N°2, ANO 2042 – ISSN – 2526-4141

REVISTA CIENTÍFICA



ISSN 2526-4141

# REVISTA ESFERA ACADÊMICA TECNOLOGIA

Volume 9, número 2

Vitória

2024

## **EXPEDIENTE**

**Publicação Semestral**

**ISSN 2526-4141**

**Temática: Tecnologia**

### **Capa**

***Marketing* Faculdade Brasileira Multivix-Vitória**

*Os artigos publicados nesta revista são de inteira responsabilidade de seus autores e não refletem, necessariamente, os pensamentos dos editores.*

### **Correspondências**

**Coordenação de Pesquisa e Extensão Faculdade Brasileira Multivix-Vitória**

Rua José Alves, 301, Goiabeiras, Vitória/ES | 29075-080

E-mail: [pesquisa.vitoria@multivix.edu.br](mailto:pesquisa.vitoria@multivix.edu.br)

[Pablo.oliveira@multivix.edu.br](mailto:Pablo.oliveira@multivix.edu.br)

**FACULDADE BRASILEIRA MULTIVIX-VITÓRIA**

**DIRETOR EXECUTIVO**

Tadeu Antônio de Oliveira Penina

**DIRETORA ACADÊMICA**

Eliene Maria Gava Ferrão Penina

**DIRETOR ADMINISTRATIVO E FINANCEIRO**

Fernando Bom Costalonga

**CONSELHO EDITORIAL**

Alexandra Barbosa Oliveira

Karine Lourenzone de Araujo Dasilio

Michelle Moreira

Patricia de Oliveira Penina

Pablo Gatt

**ASSESSORIA EDITORIAL**

Cecília Montibeller Oliveira

Daniele Drumond Neves

Helber Barcellos Costa

Karine Lourenzone de Araujo Dasilio

Pablo Gatt

**ASSESSORIA CIENTÍFICA**

Adam Lúcio Pereira

Cecília Montibeller Oliveira Daniele

Drumond Neves

Giselle Almeida Alves

Pablo Gatt

## APRESENTAÇÃO

A Revista Científica Esfera Acadêmica Tecnologia é uma revista científica que tem como objetivo contribuir para o entendimento aprofundado das diferentes tecnologias na sociedade, mediante a divulgação de trabalhos de pesquisa e análises teóricas que possam subsidiar as atividades acadêmicas e a ação profissional em diferentes organizações.

Esta edição traz contribuições das áreas tecnológicas, reunindo estudos das diferentes Engenharias. Dessa forma, a Revista Científica Esfera Acadêmica Tecnologia, da Faculdade Multivix – Vitória, pretende contribuir com o estímulo à pesquisa e para divulgação e geração do conhecimento.

Boa leitura!

*Conselho Editorial*  
*Revista Científica ESFERA ACDÊMICA*

## SUMÁRIO

**PLANO DE PREVENÇÃO E PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO: ESTUDO DE CASO EM UM EDIFÍCIO COMERCIAL NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA/ES - p. 07** - Pedro Henrique Teodoro do Amaral, Victor Nonato Thomas, Fabio Goldner, Mirella Gonçalves da Fonseca Miranda da Silva

**PROJETO DE UM CHATBOT IA PARA INSIGHTS DO E-COMMERCE BRASILEIRO- p. 28** - John Kelvin Gonçalves de Souza, Alexandre Adler Cunha de Freitas, Elionai de Souza Magalhães, Kevyn Phillipe Gusmão

**SMART GRID: PROTOCOLOS E APLICAÇÕES – p. 47** - Maria Júlia da Cunha Feu, Adan Lucio Pereira, Otávio Gaigher Simões.

**PROJETO DE SOFTWARE PARA CALIBRAÇÃO DO ANALISADOR DE GASES GM-5000 – p. 61** - Alain Patrick Garcia Fernandes, André Luiz Esquincalha Vieira Garcia, Pedro Antonio Fassarella Marino, Alexandre Adler Cunha de Freitas

# PLANO DE PREVENÇÃO E PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO: ESTUDO DE CASO EM UM EDIFÍCIO COMERCIAL NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA/ES

Pedro Henrique Teodoro do Amaral<sup>1</sup>,  
Victor Nonato Thomas<sup>1</sup>,  
Fábio Goldner<sup>2</sup>,  
Mirella Gonçalves da Fonseca Miranda da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Discentes do curso de Engenharia Civil do cewntro Univeritário Multivix Vitória

<sup>2</sup> Docentes do Centro Universitario Multivix Vitória

## RESUMO

A segurança e prevenção contra incêndio é um dos requisitos básicos para os empreendimentos da construção civil, de modo a contribuir para o desempenho nas etapas de projeto, execução, uso e manutenção das edificações. Em contrapartida, em relação ao currículo de escolas de arquitetura e engenharia no Brasil, esse assunto deveria ter um estudo mais aprofundado tendo maior prioridade. É de conhecimento geral que uma das maiores preocupações em relação à segurança nas edificações comerciais, residenciais e industriais é a prevenção contra incêndios. Os casos de incêndios infelizmente são mais corriqueiros do que se espera, devido ao elevado grau de negligência de pessoas responsáveis pela manutenção e pela preservação das edificações. Esta pesquisa analisou um plano de prevenção e proteção contra incêndio em uma edificação comercial com aproximadamente 4.827,90m<sup>2</sup>, contendo 12 pavimentos e um total de 63 unidades, localizado no município de Vitória – ES. Assim, este estudo pretendeu compreender os seus sistemas de prevenção para uma edificação, aplicar as legislações vigentes do Estado do Espírito Santo referentes às edificações relacionados aos hidrantes, 24 mangotinhos, ao isolamento de risco de acordo com o material armazenado, aos 24 extintores, a 12 alarme de incêndio, a sinalização e a iluminação de emergência, investigar as rotas de saída e espaços de fuga e expor aos usuários e responsáveis à necessidade de garantir maior vida útil e manter o desempenho das estruturas e, principalmente, possibilitar o conforto dos usuários. Para prosseguimento futuro nesta pesquisa, indica-se que seja abordado o tema de periodicidade da manutenção, treinamentos e vistorias cautelares.

## PALAVRAS-CHAVE

Plano de Prevenção; Incêndio; Proteção.

## ABSTRACT

Fire safety and prevention are essential requirements for civil construction projects, contributing to the performance throughout the design, execution, use, and maintenance stages of buildings. However, in the curriculum of architecture and engineering schools in Brazil, this topic should be studied more thoroughly and given higher priority. It is widely recognized that one of the greatest concerns regarding safety in commercial, residential, and industrial buildings is fire prevention. Unfortunately, fire incidents are more frequent than expected, often due to negligence by those responsible for building maintenance and preservation. This research analyzed a fire prevention and protection plan in a commercial building of approximately 4,827.90 m<sup>2</sup>, containing 12 floors and a total of 63 units, located in Vitória, ES. The study aimed to understand the building's prevention systems, apply the current legislation of the State of Espírito Santo regarding hydrants, 24 hose reels, risk isolation based on stored materials, 24 fire extinguishers, 12 fire alarms, signage, emergency lighting, and investigate escape routes and spaces. Furthermore, it aimed to highlight the importance of ensuring the longevity and performance of the structures and, most importantly, to enhance user safety and comfort. For future research, it is recommended to address the topics of maintenance periodicity, training, and thorough inspections.

## KEYWORDS

Prevention Plan; Fire; Protection.

## **INTRODUÇÃO**

Todos os anos são registrados inúmeros incêndios pelo território brasileiro, sejam urbanos e florestais, sendo que a maioria deles causados por falha humana, que resultam em várias mortes todos os anos. Além disso, de acordo com o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), o Brasil encerrou o ano de 2020 com o maior número de focos de queimadas em uma década, registrando um total de 222.798 focos.

Para os incêndios em edificações existe o PPCI (Projeto de Prevenção e Combate à Incêndio), que é de suma importância, pois com ele determina-se todas as medidas de segurança que um edifício deve possuir, servindo como um guia para a instalação de todos os equipamentos e mostrando exatamente onde cada um deve ser instalado. (FERNANDES, 2021)

O edifício que não detém um PPCI, à exceção de poder gerar um sinistro causando grande perda financeira e de vidas humanas, existe o sério risco de punição por parte da justiça penal, podendo sofrer grandes multas ou até mesmo o fechamento do edifício. Ou seja, todos os edifícios precisam estar devidamente regularizados de acordo com os decretos e leis de cada estado para, assim, diminuir as chances de ocorrer incêndios.

De acordo com a Lei Federal 13.725/17 referente à Lei de Incêndio, é notório destacar que os Estados são responsáveis tanto pelo desenvolvimento da prática do sistema de prevenção ao combate a incêndio em quaisquer ambientes, quanto por estabelecer diretrizes e obrigar ao Corpo de Bombeiros Militar dos Estados à fiscalização e a normalização do cumprimento às exigências particulares de acordo com a Lei federal. (BRASIL, 2017).

No caso específico do estado do Espírito Santo, as empresas devem se enquadrar as determinações do Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (COSICIP) - Decreto Estadual Nº 2423-R (2009) onde, em seu Artigo 2º:

Compete ao Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo - CBMES, por meio do Sistema de Segurança Contra Incêndio e Pânico (SISCIP), estudar, analisar, planejar, normatizar, exigir e fiscalizar o cumprimento das disposições legais, assim como todo o serviço de segurança contra incêndio e pânico na forma estabelecida neste Decreto (BRASIL, 2017 p.01).

Já o Artigo 1º inciso I, Decreto Estadual Nº 2423-R (2009), complementa o dever de conceder as condições de segurança contra incêndio e pânico às edificações e áreas de risco, de modo satisfatório onde, deve-se possibilitar aos usuários o seguro e evitar perdas de vidas. (BRASIL, 2017).

Vale destacar que a falta de segurança nas edificações oriundas dos casos de incêndio é ocasionada pela negligência das pessoas em não realizar as manutenções cabíveis para manter o desempenho da estrutura. Dessa forma, se faz necessário à presença de sistemas que combatem focos de incêndio para reduzir os danos aos materiais, às perdas patrimoniais e os riscos à integridade humana. (LEITZKE, 2014).

Para isso, foram adotadas uma série de medidas de combate ao fogo fundamentado nas novas e atualizadas legislações, nas Normas Técnicas, nas ferramentas, no desenvolvimento de equipamentos e nas variedades de leis, no qual devem ser cumpridas em nível federal, estadual e municipal. (GOMES, 2014).

Com isso, o objetivo do presente artigo foi analisar o desenvolvimento do Plano de Prevenção e Proteção contra Incêndio em uma edificação comercial localizada no município de Vitória – ES. Quanto à justificativa, foram analisadas as leis, normas e decretos para a elaboração de um Projeto de Prevenção e Combate à Incêndio de uma edificação comercial, tais como seus equipamentos essenciais que compõem as instalações para o combate ao incêndio, para ser mostrada a importância de um PPCI quando se trata da vida humana ou financeiramente falando, onde o prejuízo é inestimável em um sinistro de grande proporção.

## **1. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **1.1 Instalações Prediais de Combate a Incêndio**

A segurança contra incêndio é um dos requisitos básicos para os empreendimentos da construção civil, de modo a contribuir para o desempenho nas etapas de projeto, execução, uso e manutenção das edificações. O edifício que não dispõe de um PPCI aprovado pelo Corpo de Bombeiros, corre sérios riscos, tanto financeiro, onde uma edificação incendiada gera prejuízos incalculáveis ao dono, quanto humana, onde em um sinistro pode ocorrer a perda de vidas humanas. No quadro 1 a seguir estão as classificações de risco das edificações com seus respectivos exemplos.

**Quadro 1: Classificação de risco**

<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>EXEMPLOS</b>
Risco Leve	<ul style="list-style-type: none"><li>•Igrejas;</li><li>•Clubes;</li><li>•Beirais e ressaltos, sem materiais de combustível imediatamente abaixo;</li><li>•Escolas;</li><li>•Hospitais;</li><li>•Institucionais;</li><li>•Bibliotecas, exceto salas com prateleiras altas;</li><li>•Museus;</li><li>•Asilos e casas de repouso;</li><li>•Escritórios, incluindo processamento de dados;</li><li>•Residências;</li><li>•Áreas de refeição em restaurantes;</li><li>•Teatros e auditórios, exceto palcos e proscênios;</li><li>•Sótãos não utilizados.</li></ul>
Risco Ordinário - Grupo 1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estacionamentos de veículos e showrooms;</li><li>• Padarias;</li><li>• Fabricação de bebidas (refrigerantes, sucos);</li><li>• Fábricas de conservas;</li><li>• Processamento e fabricação de produtos lácteos;</li><li>• Fábricas de produtos eletrônicos;</li><li>• Fabricação de vidros e produtos de vidros;</li><li>• Lavanderias;</li><li>• Áreas de serviço de restaurantes.</li></ul>
Risco Ordinário - Grupo 2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Moinhos de grãos;</li><li>• Fábricas de produtos químicos – comuns;</li><li>• Confeitarias;</li><li>• Destilarias;</li><li>• Instalações para lavagem a seco;</li><li>• Fábricas de ração animal;</li><li>• Estábulos;</li><li>• Fabricação de produtos de couro;</li><li>• Bibliotecas – áreas de prateleiras altas;</li><li>• Áreas de usinagem;</li><li>• Indústrias metalúrgicas;</li><li>• Lojas;</li><li>• Fábricas de papel e celulose;</li><li>• Processamento de papel;</li><li>• Píeres e embarcadouros;</li><li>• Correios;</li><li>• Gráficas;</li><li>• Oficinas mecânicas;</li></ul>

	<p>Áreas de aplicação de resinas;  Palcos;  Indústrias têxteis;  Fabricação de pneus;  Fabricação de produtos de tabaco;  Processamento de madeira;  Montagem de produtos de madeira.</p>
Risco Extraordinário - Grupo 1	<p>Hangares;  Áreas de uso de fluidos hidráulicos combustíveis;  Fundições;  Extrusão de metais;  Fabricação de compensados e aglomerados;  • Gráficas (que utilizem tintas com ponto de fulgor menor que 38°C);  • Recuperação, formulação, secagem, moagem e vulcanização de borracha;  Serrarias;  • Processos da indústria têxtil: escolha de matéria-prima, abertura de fardos, elaboração de misturas, batedores, cardagem etc.  Estofamento de móveis com espumas plásticas.</p>
Risco Extraordinário - Grupo 2	<p>Saturação com asfalto;  Aplicação de líquidos inflamáveis por spray;  Pintura por <i>flow coating</i>;  • Manufatura de casas pré-fabricadas ou componentes pré-fabricados para construção (quando a estrutura final estiver presente e tenha interiores combustíveis);  Tratamento térmico em tanques de óleos abertos;  Processamento de plásticos;  Limpeza de solventes;  Pintura e envernizamento por imersão.</p>

Fonte: ABNT NBR 10897/2014

Um dos sérios riscos, além do de ocorrer um incêndio, que poderá gerar grandes prejuízos financeiros e de punição, corre o maior risco de afetar uma vida humana. O corpo de Bombeiros está cada vez mais exigente em relação aos métodos e equipamentos utilizados nas instalações prediais, conforme o quadro 2 a seguir.

**Quadro 2: Equipamentos essenciais utilizados nas instalações prediais**

<b>EQUIPAMENTOS</b>	<b>DEFINIÇÕES</b>
Bomba principal	Bomba hidráulica centrífuga destinada a recalcar água para os sistemas de combate a incêndio.
Bomba de pressurização	Bomba destinada a manter o sistema pressurizado em uma faixa preestabelecida.
Bomba de reforço	Bomba destinada a fornecer água aos hidrantes ou mangotinhos mais desfavoráveis hidráulicamente, quando estes não puderem ser abastecidos somente pelos reservatórios elevados.
Dispositivo de recalque	Dispositivo para uso do Corpo de Bombeiros, que permite o recalque de água para o sistema, podendo ser dentro da propriedade quando o acesso do corpo de bombeiros estiver garantido.
Esguicho	Dispositivo adaptado na extremidade das mangueiras, destinado a dar forma, direção e controle ao jato, podendo ser do tipo regulável ou jato compacto.
Composição dos sistemas sob comando	A instalação sob comando é constituída de reservatórios, barrilete de incêndio, válvulas de retenção e de gaveta, prumadas de incêndio, caixas de incêndio, hidrantes de passeio ou recalque e sistema de bombeamento. A reserva técnica para incêndio pode ser armazenada em reservatório superior ou inferior.
Alarme	Todo sistema deve ser dotado de alarme, indicativo do uso de qualquer ponto de hidrante ou mangotinhos, que é acionado automaticamente através de pressostato ou chave de fluxo.
Abrigo	As mangueiras de incêndio devem ser acondicionadas dentro de abrigos em ziguezague ou aduchados conforme especificação da NBR 12779.
Tubulação	Ramais são ramificações onde os chuveiros automáticos são instalados diretamente ou utilizando-se abraçadeiras horizontais de tubo com 60 cm de comprimento no máximo.

Fonte: NT 02/2014

No quadro 2 acima são especificados todos os equipamentos necessários em todos os tipos de edificações, onde também são dadas suas definições conforme especificado pelo Corpo de Bombeiros.

### **1.2 Sistema de proteção por extintores de incêndio**

De acordo com o CAT (Centro de Atividades Técnicas), NT-012 (Norma Técnica-012) - Extintores de Incêndio, todas as edificações classificadas no Capítulo III do Decreto nº 2.125-N/85, excetuando-se as residenciais de no máximo 03 (três) pavimentos e cuja área total construída não ultrapassar 900 m<sup>2</sup> (novecentos metros

quadrados), mesmo dotadas de outros Sistemas de Proteção, serão providas de Sistema de Proteção por Extintores. Tais aparelhos devem ser apropriados à classe de incêndio a extinguir, conforme dispõe esta Norma.

No PPCI deverá constar em planta a locação dos extintores, observando-se o uso de simbologia própria e o registro de sua capacidade, conforme a figura abaixo.

**Figura 1: Classificação dos tipos de extintor**

	EXTINTOR DE ÁGUA PRESSURIZADA
	EXTINTOR DE ESPUMA QUÍMICA
	EXTINTOR DE PÓ QUÍMICO SECO
	EXTINTOR DE GÁS CARBÔNICO
	EXTINTOR DE PÓ ABC
	OUTROS TIPOS DE EXTINTORES
	EXTINTOR SOBRE RODAS (No interior do círculo usar a convenção adotada para o tipo de agente extintor)

Fonte: NT 012 – Sistema de Proteção por Extintores

O número mínimo, tipo e capacidade dos extintores dependem:

- a) da classe ocupacional do risco de incêndio;
- b) da adequação do agente extintor à classe de incêndio;
- c) da quantidade de agente extintor; e
- d) da área a ser protegida.

Ainda de acordo com o CAT, NT-012, agente extintor é toda substância capaz de intervir na cadeia de combustão quebrando-a, diminuindo a quantidade de comburente na reação, interferindo no ponto de fulgor do combustível e/ou atuando por redução na formação de radicais livres, impedindo que o fogo possa crescer e se propagar, controlando-o e/ou extinguindo-o.

As substâncias a serem aplicadas nos extintores de incêndio para a extinção, de acordo com a natureza do fogo, são apresentadas na tabela 1 a seguir:

**Tabela 1: Tabela de natureza do fogo**

<b>NATUREZA DO FOGO</b>	<b>SUBSTÂNCIA</b>
CLASSE A	Água, espuma, soda ácida ou soluções do mesmo efeito, compostos químicos em pó.
CLASSE B	Espuma, compostos químicos em pó, gás carbônico e compostos halogenados aprovados.
CLASSE C	Compostos químicos em pó, gás carbônico e compostos halogenados aprovados.
CLASSE D	Compostos químicos especiais, limalha de ferro, salgema, areia e outros.

Fonte: NT 012 – Sistema de Proteção por Extintores

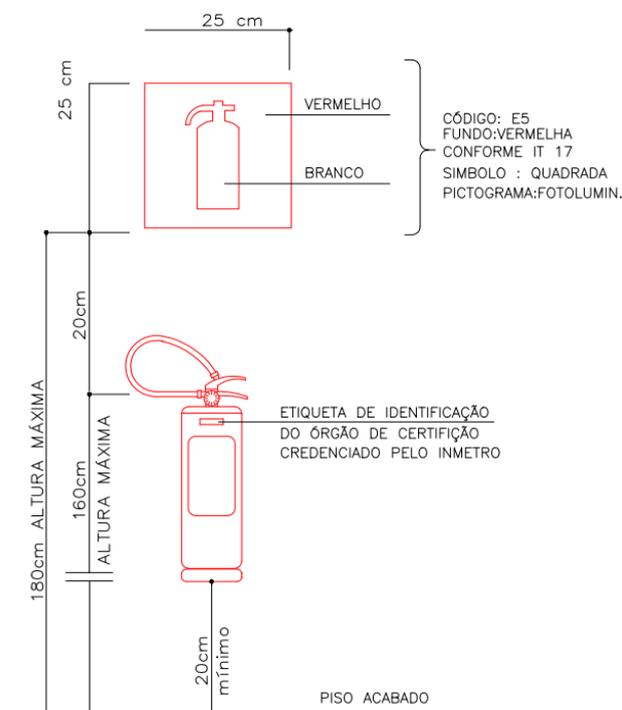
Tornar-se-á permitida a utilização de outros agentes extintores, desde que ostentem Certificado Técnico emitido pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) ou por outro instituto reconhecido, como, por exemplo, do Centro de Atividades Técnicas.

De acordo com o CAT, NT-012, a localização dos extintores acatará aos seguintes requisitos:

- a) A probabilidade de o fogo bloquear o seu acesso deve ser a menor possível;
- b) Boa visibilidade e acesso desimpedido;
- c) Os extintores portáteis deverão ser fixados de maneira que sua parte superior (gatilho) fique a uma altura de 1,60 m (um metro e sessenta centímetros) do piso acabado, podendo em escritórios, estabelecimentos comerciais e repartições públicas serem instalados sobre o piso acabado, desde que permaneçam apoiados em suportes apropriados, com altura de 0,20 m (vinte centímetros) do piso e que não fiquem obstruídos ou que tenham sua visibilidade prejudicada;
- d) A sua localização não será permitida nas escadas, antecâmaras das escadas e nem nos patamares;
- e) Nos riscos constituídos de armazéns, depósitos e outros grupos em que não haja quaisquer processos de trabalho, a não ser operações de carga e descarga, será permitida a colocação de extintores em grupos, em locais de fácil acesso, de preferência em mais de um grupo e próximos às portas de entrada e/ou saída; e

f) Os extintores nas áreas descobertas ou sem vigilância, poderão ser instalados em abrigos de latão, fibra de vidro ou materiais sintéticos, pintados em vermelho, com as portas estanques, mas envidraçadas, conforme figura 2.

**Figura 2: Esquema de instalação do extintor de incêndio**



Fonte: Figura do Autor

### 1.3 Instalações Hidráulicas de Combate à Incêndio sob comando

De acordo com o CAT, NT-006, o Sistema Hidráulico Preventivo sob comando ou automatizado deverá ser locado em planta e apresentado em esquema isométrico, com os detalhes e especificações do sistema e apresentar planilha com os cálculos hidráulicos, devendo constar do projeto as pressões e vazões reais verificadas nos esguichos dos hidrantes mais desfavoráveis. Nos sistemas que necessitam do uso de bombas para assegurar pressões mínimas, as especificações do conjunto motor-bomba e os detalhes de alimentação elétrica e acionamento deverão constar do projeto.

Ainda conforme o CAT, NT-006, quando se tratar de conjunto de unidades isoladas, agrupadas ou em blocos independentes com área inferior a 900 m<sup>2</sup>, será computada a área do conjunto para efeito da exigência do Sistema Hidráulico Preventivo, desde que a distância entre as edificações seja inferior a 6,00 (seis) metros ou ofereçam risco considerável de propagação, devido a sua classe de

ocupação. Nas edificações em um só bloco, com risco de incêndio classe A e escada comum, quando se tratar de sistema por gravidade, desde que a altura mínima do piso do último pavimento ao fundo do reservatório seja de 7,50 metros, ficarão dispensadas de apresentar a planilha de cálculo hidráulico.

Segundo com o CAT, NT-006, as mangueiras terão diâmetro de 38 mm, serão dotadas de esguicho regulável e deverão cobrir todo o pavimento. A tubulação que une o reservatório superior ao hidrante mais desfavorável deverá ter diâmetro mínimo de

100 (cem) milímetros, dotada de válvula de gaveta, válvula de retenção vertical invertida e uma união para desmontagem. Todas as peças deverão ter diâmetro igual ao da tubulação.

Ainda em concordância com a mesma NT-006, a vazão necessária em cada ponto de tomada d'água, em função da classificação das edificações quanto ao risco, será determinada em litros por minutos (l/min), conforme tabela 2 abaixo.

**Tabela 2: Classificação de instalação referente à vazão.**

CLASSE DE RISCO	VAZÃO - l/min
A	200
B	500
C	900

Fonte: NT 006 – Sistema Hidráulico

As vazões dos hidrantes serão consideradas no bocal do esguicho ligado à mangueira. Deverão ser calculadas e constar do projeto as pressões e vazões verificadas nos esguichos dos hidrantes mais desfavoráveis. Para o dimensionamento deverá ser considerado o uso simultâneo dos dois jatos d'água mais desfavoráveis hidráulicamente. O local mais desfavorável hidráulicamente é aquele que proporciona menor pressão dinâmica no esguicho.

#### **1.4 Legislação e Normatização de Segurança contra Incêndios em Edifícios**

Quando as empresas, indústrias não tomam as medidas de prevenção e combate contra incêndios, ficam expostas a multas e outras punições, como até mesmo a interdição da empresa.

Alguns estabelecimentos, como as próprias indústrias, são forçados a seguir a NR-23 (Norma Regulamentadora-23), onde “Todos os empregadores devem adotar medidas de prevenção de incêndios, em conformidade com a legislação estadual e as normas técnicas aplicáveis.”

Já as leis são elaboradas pelo Estado para estabelecer as regras que devem ser seguidas, onde a Constituição Federal é o poder máximo, onde a legislação dos PPCIs também se enquadra.

Dito isto, a legislação e a normatização na esfera da segurança contra incêndios são de extrema importância, onde com o cumprimento destas, o risco de ocorrer fatalidades, como perdas de vidas humanas e queima da natureza, é reduzida drasticamente.

O PPCI possui sua legislação e normatização de segurança, demonstrado no quadro 3 a seguir.

**Quadro 3: Legislação e Normatização de Segurança contra Incêndios em Edifícios**

<b>Legislação Estadual</b>	<b>Normas CBMES</b>	<b>Normas Federais</b>	<b>Normas Técnicas</b>
<b>Lei nº 9.269</b>	<b>NT 02/2013</b>	<b>Lei nº 11.901</b>	<b>NBR 9077</b>
Consolida dispositivos das Leis nº 3.218, de 20.07.1978 e 7.990, de 25.05.2005, que dizem respeito ao serviço de segurança das pessoas e de seus bens, contra incêndio e pânico.	Disciplina as exigências das medidas de segurança contra incêndio e pânico nas edificações e áreas de risco. (Traz os casos de obrigatoriedade de Brigada Eventual e Brigada Profissional).	Dispõe sobre a profissão de Bombeiro Civil e dá outras providências.	Estabelece padrões de segurança contra incêndios em escadas e saídas de emergência.
<b>Decreto 2.423-R</b>	<b>NT 07/2018</b>	<b>NR 23</b>	<b>NBR 5419</b>
Regulamenta a Lei nº 9.269, de 21 de julho de 2009 e institui o Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (COSCIP) no âmbito do território do Estado e estabelece outras providências.	Disciplina o procedimento para formação, treinamento e reciclagem de brigada eventual, brigada profissional e guardavidas, bem como o cadastramento de empresas relacionadas a essas atividades.	Proteção Contra Incêndios.	Esta norma fixa as condições exigíveis ao projeto, instalação e manutenção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) de estruturas, bem como de pessoas e instalações no seu aspecto físico dentro do volume protegido.
	<b>Portaria 201-R</b>		<b>NBR 5410</b>
	Regulamenta o poder de polícia do CBMES.		Determina condições e regras para instalações elétricas de baixa tensão até 1000V em tensão alternada e 15000V em tensão ininterrupta no Brasil.
	<b>NE 01/2018 - CEIB</b>		<b>NBR 15526</b>

	<p>Parametriza os itens cobrados nas vistorias para obtenção de Laudo Técnico referente às instalações físicas, corpo técnico, materiais didáticos e campo de treinamentos das Empresas Especializadas na Formação e Treinamento, bem como as instalações físicas das empresas que desejam receber os cursos de Brigadista Eventual <i>in company</i>.</p>		<p>Estabelece as diretrizes para concretizar e executar um projeto de instalação de gases combustíveis em ambientes residenciais e comerciais para impedir que elas ultrapassem a pressão de operação de 150 kPa e que possam ser abastecidos por canalização de rua e por centrais de distribuição de gás.</p>
--	--	--	---

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo

### 1.5 Plano de Prevenção e Proteção contra incêndio

Em virtude de aplicar medidas de prevenção e proteção de incêndio, Gomes (2014), destaca o sistema de proteção por extintores portáteis de incêndio, o sistema de iluminação de emergência, as saídas de emergência, a compartimentação horizontal e vertical, o sistema de detecção e alarme de incêndio e, o sistema de hidrantes e mangotinhos como os principais métodos que visam mitigar a proliferação dos incêndios e garantir a segurança das pessoas no espaço coletivo das edificações.

Segundo a NBR 12693 (ABNT, 2013), o sistema de proteção por extintores portáteis de incêndio ou sobre rodas é um dos critérios básicos e indispensáveis para a segurança e a proteção contra o incêndio em edificações e áreas de risco, de modo que devem obter características de facilidade de uso, manejo e operação, de portabilidade e de combate de princípio de incêndio. Assim sendo, no que diz respeito ao sistema de extintores de incêndio, seu dimensionamento, escolha da classe (composição do material do extintor) conforme a especificidade da edificação a ser protegida e o tipo de classe de incêndio a que está submetida é estabelecida, no Espírito Santo, pela Norma Técnica 12/2009 - Extintores de Incêndio.

De acordo com Pereira e Popovic (2007), os princípios de incêndios têm características distintas conforme a sua origem que, conseqüentemente, exige o uso de extintores apropriados com base nas suas classificações para cada classe de incêndio exposto a cada situação e dentro do prazo de validade de um ano. Isso posto, em conformidade com a eficiência dos extintores, se faz necessário atentar aos fatores do agente extintor, o seu alcance, a sua duração de descarga e a sua operacionalidade.

Os agentes extintores são agentes adequados para o combate a um determinado tipo de incêndio de acordo com as cinco classes do fogo: a água age na Classe A (fogo em materiais combustíveis sólidos que queimam em superfície e profundidade), a espuma mecânica atua na Classe B (fogo em líquidos e gases inflamáveis que se liquefazem pela ação do calor no qual queimam somente na superfície), o pó químico seco opera na Classe C (fogo em materiais, equipamentos e instalações elétricos) o dióxido de carbono exerce na Classe D (fogo em metais combustíveis) e o composto halogenado trabalha na Classe K (fogo em gordura). Em relação ao alcance, é a distância mínima do jato de água dos hidrantes mais desfavoráveis, de modo que devem alcançar 8 metros, no Estado do ES. Já a duração de descarga, está relacionada à quantidade e vazão de agente extintor. E por fim, a operacionalidade, os extintores devem ser adequados tanto conforme a energia desenvolvida pelo princípio de incêndio e de cada tipo de material combustível quanto pela facilidade no seu manuseio. (PEREIRA e POPOVIC, 2007).

Com base na Norma Técnica 13/2013 - Iluminação de Emergência, do Estado do ES, o sistema de iluminação de emergência em edificações e áreas de risco deve-se tanto indicar os pontos de iluminação quanto obter uma fonte alternativa de energia, de modo que tem o intuito de viabilizar a saída das pessoas de maneira segura conforme as exigências de segurança ao uso do edifício.

Um sistema de iluminação bem dimensionado mantém uma luminosidade necessária de forma automática, em caso de interrupção de energia, devido ao uso de uma fonte independente da alimentação da edificação, contribui para a sinalização da rota de fuga de acordo com a orientação da direção e do sentido em caso de emergência, possibilita a evacuação segura de uma edificação e garante a intensidade dos pontos de luz de forma que visa os níveis mínimos de iluminação almejados. (LEITZKE, 2014).

A Norma Técnica 10/2013 – Saídas de Emergência, do Estado do ES, aborda as condições exigíveis que as edificações devam possuir, para permitir a retirada da população de forma rápida e de fácil acesso para efetuar o combate a incêndio. Já a NBR 9077 (ABNT, 2001), complementa a importância de projetar e instalar as saídas de emergência em edifícios, de modo que são consideradas como elementos estruturais nos quais, resistem ao fogo, evitam sua propagação e propiciam uma saída segura em momentos de pânico de acordo com a utilização de portas e paredes corta-

fogo e vidros aramados. Dessa forma, as saídas de emergência devem conter um caminho contínuo, devidamente, sinalizado, iluminado e protegido.

Segundo Leitzke (2014), a compartimentação horizontal compreende-se em dividir as edificações em células no plano horizontal no qual, devem apresentar resistência ao fogo e estar propício a suportar incêndio conforme a utilização de portas corta-fogo em vedações de aberturas nas paredes de compartimentação. Já a compartimentação vertical, constitui-se em fragmentar a edificação em pavimentos para suportar o incêndio e não ocorrer à propagação do fogo para os andares vizinhos, de modo que deva tanto existir a separação entre as aberturas dos pavimentos consecutivos quanto projetar as coberturas e as lajes dos pisos para evitar as incidências do fogo e eventuais colapsos. Dessa maneira, de acordo com a Norma Técnica 10/2010 – Compartimentação Horizontal e Vertical, do Estado do ES, a função dessas compartimentações é impedir a propagação do fogo entre os ambientes e pavimentos adjacentes.

Os sistemas de detecção e alarme de incêndio são equipamentos programados para gerar um sinal de alerta devido à presença de uma das características físico-químicas de um incêndio, de modo que o seu objetivo é detectar o contato do fogo em seu estágio inicial a fim de aplicar medidas cabíveis para combater os princípios ao fogo e facilitar a evacuação das pessoas, de forma segura e rápida da edificação. (PEREIRA e POPOVIC, 2007). Isso posto, com base na Norma Técnica 17/2013 – Sistemas de detecção e alarme de incêndio, do Estado do ES, verifica-se que esse sistema deve estar localizado em fácil acesso, sob a vigilância humana e de maneira segura.

Os sistemas de hidrantes e mangotinhos são equipamentos e instalações que tem a função de extinguir o estado inicial do fogo e/ou combater os incêndios no qual, permite a aglomerar, transportar, liberar e lançar a água, em vazão compatível, nos materiais incendiados, de modo que, esse sistema, é composto por hidrantes e mangotinhos, reserva de incêndio, abrigo de mangueira, acessórios, rede de tubulação e registro de recalque. (UMINSKI, 2003).

Dessa forma, corroborando a Norma Técnica 15/2009 – Sistemas de Hidrantes e de Mangotinhos para o Combate à Incêndio do Estado do ES, destaca-se que esse sistema de hidrantes e mangotinhos devem disponibilizar as condições de combater, conforme os seus recursos próprios, tanto os focos de fogo quanto a proliferação dos

incêndios em todos os pontos da edificação, de modo que atribui de acordo com as especificações abordadas na NBR 13714 (2000).

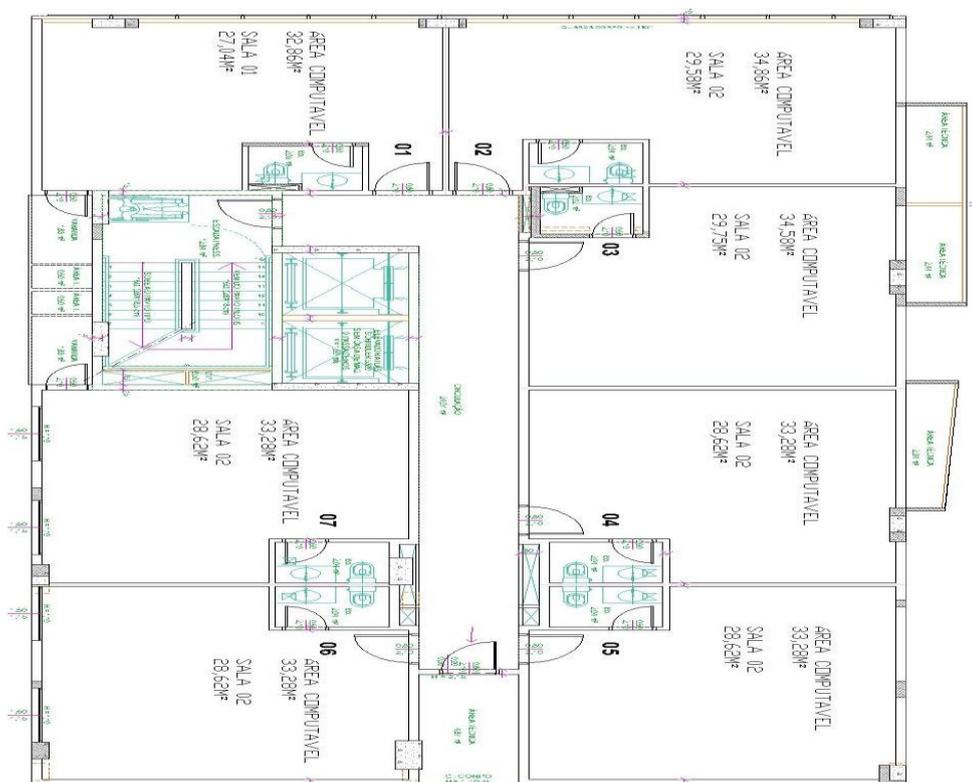
## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Considerações Iniciais

O presente documento tem como objetivo apresentar o plano de prevenção e combate a incêndio, especificando formas de prevenção, materiais e equipamentos empregados no sistema hidráulico em sua instalação, sendo apresentado um edifício comercial.

### 2.2 Área de Estudo

O empreendimento apresentado, trata-se de um edifício comercial, situado na Praia do Suá, Vitória-ES. Tendo como objetivo venda ou aluguel das 63 unidades com área entre 27m<sup>2</sup> a 32m<sup>2</sup> por unidade, construídas com divisórias em drywall, banheiros com revestimento até o teto e rebaixamento de gesso, salas entregue somente com instalação de rede de incêndio, sem rebaixamento de gesso e acabamentos. O empreendimento tem aproximadamente 4.827,90m<sup>2</sup>, sendo três pavimentos de garagem, nove pavimentos tipos e um pavimento da cobertura.



### **2.3 Avaliação das características necessárias ao PPCI**

O plano foi desenvolvido por uma empresa especializada que se encontra no mercado há 26 anos, tendo como medida básica de projeto, a prevenção a natureza, patrimônio e a mais importante, a vida humana. Sendo necessário pensar estrategicamente nas rotas de fuga e instalação de equipamentos que facilitem a realização do combate a incêndio com facilidade pelo Corpo de Bombeiros em casos de urgência. Por se tratar de um edifício comercial, esse empreendimento foi classificado pelo grupo D, ou seja, grupo de serviços profissionais que utilizam o local para condução de negócios, tendo em seus pavimentos centrais telefônicas, cabeleireiros, escritório de investimentos demandando um alto uso de computadores e televisores, tendo possibilidade de inúmeras reuniões com clientes durante o dia a dia. com base nessa classificação, foi analisado os dispositivos que serão necessários para o plano.

### **2.4 Plano de Combate a Incêndio**

Para a análise do Plano de Prevenção e Proteção contra Incêndio em uma edificação comercial, a metodologia será baseada em 3 etapas:

Na primeira etapa, consistiu em vistorias in loco da edificação comercial conforme a planta da estrutura local, de modo a analisar a estrutura para identificar e estabelecer o Plano de Prevenção e Proteção contra o Combate ao Incêndio.

Na segunda etapa, baseou-se nos estudos teóricos das Normas Regulamentadoras, das Leis, dos Decretos e das NBRs de Prevenção de Incêndio conforme às diretrizes do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo, com o intuito de elaborar a classificação da edificação, de forma a prever os sistemas de proteção e prevenção contra o combate a incêndio exigido pela legislação em vigor.

Na terceira etapa, compreendeu-se com base nos embasamentos teóricos das Normas Técnicas e das Leis de Prevenção de Incêndio do Estado do Espírito Santo, no cumprimento do PPCI de acordo com a utilização de extintores, do sistema de iluminação de emergência, de saídas de emergência, da compartimentação e isolamento de riscos, do sistema de detecção e alarme de incêndio e do sistema de hidrantes e mangotinhos.

Para elaboração do Plano de Prevenção e Combate ao Incêndio, seguimos à risca algumas normas para que o plano tenha maior eficácia quando houver algum

incidente, com isso, foram utilizadas a NBR 13.792/1997 (Proteção contra incêndio, por sistema de chuveiros automáticos), a NBR 11836/92 (Detectores automáticos para combate a incêndio), a NBR 12693/21 (Sistema de proteção por extintores de incêndio), NBR 13434/2004 (Sinalização de segurança contra incêndio e pânico) e NBR 13714/2000 (relaciona as condições mínimas exigidas para dimensionamento, instalação, e características de sistemas de hidrantes e mangotinhos).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Um Plano de Prevenção e Combate à Incêndio é de responsabilidade do proprietário do edifício, devendo ser elaborado por profissionais competentes conforme especificações do Corpo de Bombeiros do estado. O objetivo é identificar as ações que devem ser tomadas pelos ocupantes e pelos responsáveis em caso de incêndio ou situação de emergência.

O projeto para o plano de combate a incêndio deste edifício teve como plano de segurança contra incêndio composta pela junção de vários sistemas e dispositivos a serem instalados nos empreendimentos para garantir a saída segura e auxiliar na extinção de qualquer evidência de incêndio. Dessa forma, acarretou na instalação de diversos dispositivos para proteção contra incêndio, sendo eles, um sensor de fumaça e chuveiros automáticos (sprinklers) por unidade, em vista que a norma solicita um a cada 36m<sup>2</sup>, alarme e sirene contra incêndio instalado no hall de circulação em local visível e altura entre 0,90m e 1,35m, iluminação de emergência, saídas de emergência, PCF (porta corta fogo), um extintor com água pressurizada e um extintor contendo pó químico seco por cada pavimento e escada de emergência para fuga. O edifício é composto por 12 pavimentos. Cada pavimento tem uma área aproximada de 300m<sup>2</sup>, para atender qualquer indício de fogo ou situação de emergência, foi instalado um abrigo, que possa alocar os mangotinhos, que por sua vez, são armazenados dois mangotinhos de 15m por pavimento.

Para atender as exigências do Corpo de Bombeiros do estado, temos 3 cisternas, sendo uma inferior contendo 21.000 Litros de água, e duas superiores contendo 20.000 Litros cada uma, atendendo uma rede dimensionada em projeto, contendo tubulações com espessuras de ½", ¾", 1", 1 ¼" e 1 ½", que descem por uma prumada, passando pela casa de máquinas e sendo distribuída nos pavimentos onde é checado a pressão e pressurização da rede. Segue abaixo quadro representando as instalações básicas do edifício apresentado em estudo.

**Quadro 4: Equipamentos instalados na edificação comercial**



Fonte: Figura do Autor

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

É imprescindível destacar que as edificações, mais antigas e as novas, devem conter sistemas de prevenção contra as ocorrências de incêndios, de modo que caso ocorram essas incidências, as estruturas estejam preparadas para combater tais focos de incêndio e reduzir ao máximo possível os danos materiais e riscos à vida.

Tal situação é significativa, conforme a implantação de um planejamento, de uma avaliação e de equipamentos de proteção coletiva, de forma que visa à prevenção de acidentes de acordo com o emprego de um Plano de Prevenção e Proteção contra Incêndio, que tem o intuito de proteger a integridade física das pessoas e orientar locais de maneira segura para os casos de acidentes gerados pelo fogo.

Isto posto, no Brasil, as Leis, as Normas Técnicas e os Decretos entraram em vigor com o intuito de auxiliar as pessoas, engenheiros e técnicos sobre as causas, as consequências e as práticas dos sistemas de prevenção de incêndios nas edificações. De acordo com a NBR 12693 (ABNT, 2013), verifica-se a importância de

identificar os materiais causadores e propagadores do fogo, a fim de determinar a classe específica de incidência do fogo para buscar, conseqüentemente, medidas mitigadoras para controlar e sanar quaisquer surgimentos e/ou proliferação dessas incidências. Todavia, se faz necessário salientar sobre a consciência de medidas de prevenção de incêndios devido à prevenção de falhas, com o intuito de abordar os riscos do fogo, o uso correto de extintores e mangotinhos, das rotas de fuga e das formas de propagação.

## 5. REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12693 – **Sistemas de proteção por extintores de incêndio**. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 13714: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio**. Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. **NBR 9077: Saídas de emergência em edifícios**. Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR 5419: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas**. Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 12693: Sistema de proteção por extintores de incêndio**. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 10897: Proteção contra incêndio por chuveiro automático**. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 15526: Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais – Projeto e Execução**. Rio de Janeiro, 2016.

BRASIL. Lei Nº 13.725, de 30 de março de 2017. Estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 30 mar. 2017. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/l13425.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13425.htm)>. Acesso em: 4 de nov. 2021.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora 23: Proteção Contra Incêndios. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 mai. 2011. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>. Acesso em: 4 de nov. 2021.

BRASIL. Lei Nº 11.901, de 12 de janeiro de 2009. Dispõe sobre a profissão de Bombeiro Civil e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 12 jan. 2009. Disponível em: <<http://cb.es.gov.br>>. Acesso em: 4 de nov. 2021.

ESPÍRITO SANTO. Lei Nº 9.269, de 21 de julho de 2009. Ficam consolidados nesta Lei os dispositivos constantes das Leis nºs 3.218, de 20.7.1978 e 7.990, de 25.5.2005 que dizem respeito ao serviço de segurança das pessoas e de seus bens, contra incêndio e pânico. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES, 21 jul. 2009. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=126746>>. Acesso

em: 4 de nov. 2021.

ESPÍRITO SANTO. Decreto Nº 2423-R, de 15 de dezembro de 2009. Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (COSCIP). **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES, 15 dez. 2009. Disponível em: <<http://cb.es.gov.br>>. Acesso em: 4 de nov. 2021.

ESPÍRITO SANTO. Nota de Ensino Nº 001/2018, de 13 de abril de 2018. Critérios para emissão de laudo técnico. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES, 13 abr. 2018. Disponível em: <<http://cb.es.gov.br>>. Acesso em: 4 de nov. 2021.

\_\_\_\_\_. Norma Técnica 06/1996 – Sistema Hidráulico. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES. Disponível em: <<http://cb.es.gov.br>>. Acesso em: 5 de nov. 2021.

\_\_\_\_\_. Norma Técnica 12/2009 - Extintores de Incêndio. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES. Disponível em: <<http://cb.es.gov.br>>. Acesso em: 5 de nov. 2021.

\_\_\_\_\_. Norma Técnica 15/2009 – Sistemas de Hidrantes e de Mangotinhos para Combate à Incêndio. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES. Disponível em: <<http://cb.es.gov.br>>. Acesso em: 5 de nov. 2021.

\_\_\_\_\_. Norma Técnica 10/2010 – Compartimentação Horizontal e Vertical.

**Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES. Disponível em: <<http://cb.es.gov.br>>. Acesso em: 5 de nov. 2021.

\_\_\_\_\_. Norma Técnica 02/2013 – Exigências das medidas de segurança contra incêndio e pânico nas edificações e áreas de risco. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES. Disponível em: <<http://cb.es.gov.br>>. Acesso em: 5 de nov. 2021.

\_\_\_\_\_. Norma Técnica 10/2013 – Saídas de Emergência - Parte 1: Condições Gerais. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES. Disponível em: <<http://cb.es.gov.br>>. Acesso em: 5 de nov. 2021.

\_\_\_\_\_. Norma Técnica 13/2013 – Iluminação de Emergência. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES. Disponível em: <<http://cb.es.gov.br>>. Acesso em: 5 de nov. 2021.

\_\_\_\_\_. Norma Técnica 17/2013 – Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES. Disponível em: <<http://cb.es.gov.br>>. Acesso em: 5 de nov. 2021.

\_\_\_\_\_. Norma Técnica 07/2018 – Brigadas de incêndio, primeiros socorros ou socorros de urgência, salva-vidas ou guarda-vidas. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES. Disponível em: <<http://cb.es.gov.br>>. Acesso em: 5 de nov. 2021.

ESPÍRITO SANTO. Portaria Nº 201-R, de 23 de abril de 2010. Regulamenta o poder de polícia do CBMES. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES, 23 abr. 2010. Disponível em: <<http://cb.es.gov.br>>. Acesso em: 5 de nov. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Monitoramento dos focos ativos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2021. Disponível em: <[queimadas.dgi.inpe.br](http://queimadas.dgi.inpe.br)>. Acesso em: 5 de nov. 2021.

FERIGOLO, F. C. **Prevenção de incêndio**. Porto Alegre: Sulina, 1977.

GOMES, T. **Projeto de Prevenção e Combate à Incêndio**. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenharia Civil. 2014.

LEITZKE, G. N. **Plano de Prevenção e Proteção contra Incêndio para Central de Distribuição Atacadista de Mercadorias**. Departamento de Ciências Exatas e Engenharias. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2014.

PEREIRA, A. G.; POPOVIC, R. R. **Tecnologia em Segurança contra Incêndio**. São Paulo: LTr, 2007.

UMINSKI, A. S. C. **Técnicas de prevenção e combate a sinistros**. Santa Maria, RS: Colégio Nossa senhora de Fátima, 2003.

# PROJETO DE UM CHATBOT IA PARA INSIGHTS DO E-COMMERCE BRASILEIRO

John Kelvin Gonçalves de Souza<sup>1</sup>,  
Alexandre Adler Cunha de Freitas<sup>2</sup>,  
Elionai de Souza Magalhães<sup>2</sup>,  
Kevyn Phillipe Gusmão<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente do curso de Engenharia de computação do Centro Universitário Multivix Vitória

<sup>2</sup> Docentes do Centro Universitário Multivix Vitória

## RESUMO

Este projeto propõe o desenvolvimento e implementação de um chatbot com Inteligência Artificial para o comércio eletrônico brasileiro, visando obter insights valiosos e impulsionar a eficiência operacional. A pesquisa, que se baseia no crescimento da IA no país e na necessidade de personalização do comércio eletrônico, desenvolveu um modelo com interface de chat e treinamento em dados sintéticos. A avaliação em ambiente de testes revelou que a decomposição de perguntas e o roteamento adaptativo com APIs foram mais eficientes que o modelo RAG com Self-RAG, especialmente em cenários complexos. Recomenda-se melhorias na compreensão de dados temporais complexos e a continuação da exploração de abordagens de roteamento inteligente e integração de APIs para fornecer recomendações estratégicas mais relevantes e acessíveis. O estudo demonstra o potencial da IA para o desenvolvimento de chatbots inteligentes que podem auxiliar lojistas na tomada de decisões estratégicas no e-commerce, abrindo caminho para um futuro mais eficiente e personalizado para o comércio eletrônico brasileiro.

## PALAVRAS-CHAVE

Agente; Chatbot; E-commerce; Inteligência Artificial; Recomendação.

## ABSTRACT

This project proposes the development and implementation of an Artificial Intelligence chatbot for Brazilian e-commerce, aimed at gaining valuable insights and enhancing operational efficiency. Based on the growth of AI in the country and the need for personalization in e-commerce, the research developed a model with a chat interface and training on synthetic data. Testing in a simulated environment showed that question decomposition and adaptive routing with APIs were more effective than the RAG model with Self-RAG, particularly in complex scenarios. Improvements in understanding complex temporal data and further exploration of intelligent routing approaches and API integration are recommended to provide more relevant and accessible strategic recommendations. The study demonstrates the potential of AI in developing intelligent chatbots that can assist retailers in making strategic decisions in e-commerce, paving the way for a more efficient and personalized future for Brazilian e-commerce.

## KEYWORDS

Agent; Chatbot; E-commerce; Artificial Intelligence; Recommendation.

## INTRODUÇÃO

Com o progresso da inteligência artificial, assistentes virtuais têm surgido com muita frequência para auxiliar pessoas em diversas áreas, destacando-se pela capacidade de processamento de dados e aprendizado contínuo. A ferramenta ChatGPT, lançada no final de 2022, é um exemplo notável dessa tendência,

contribuindo significativamente para a popularização da IA tanto no meio acadêmico quanto na indústria (LIU *et al.*, 2023).

Proposto por Turing (1950), o Teste de Turing é uma referência no campo do desenvolvimento da inteligência artificial (IA), oferecendo uma definição operacional de inteligência. Para ser aprovado no teste, um programa deve demonstrar habilidades cruciais, incluindo processamento de linguagem natural (PLN), representação de conhecimento, raciocínio automatizado e aprendizado de máquina (NORVIG, 2013).

O processamento de linguagem natural é essencial para o funcionamento de agentes conversacionais. Através dele, os programas interpretam texto ou fala de entrada e produzem respostas úteis e adequadas, possibilitando a realização de conversas de forma alternada (BENGFORT; BILBRO; OJEDA, 2018). O aprendizado de máquina complementa essa capacidade, permitindo que os sistemas se adaptem com base em novos dados e lidem com problemas complexos que envolvem grandes quantidades de informações (GÉRON, 2021).

À medida que a tecnologia avança, a ampla implementação de arquiteturas de aprendizagem profunda para diversas tarefas de processamento de linguagem natural se mostra vantajosa. Essa tecnologia permite que os sistemas aprendam a utilizar conhecimentos prévios para compreender informações e capturar os aspectos semânticos e sintáticos relevantes, proporcionando um processamento da linguagem mais eficiente e preciso (DENG; LIU, 2018). Esta evolução tem contribuído significativamente para o aprimoramento de sistemas de inteligência artificial no contexto da linguagem natural.

Sendo essenciais para gerenciar interações dos usuários, essas tecnologias empregadas em chatbots de IA são de altíssimo valor para fornecer experiências personalizadas de forma interativa, contribuindo assim para a satisfação do usuário e, por conseguinte, proporcionando benefícios significativos para os negócios que as adotam.

Em um cenário marcado pela rápida migração para o e-commerce durante a pandemia, impulsionada pelo fechamento das lojas físicas e pelo consequente aumento exponencial das vendas online conforme relatado por E-Commerce Brasil (2021), muitos lojistas se viram diante do desafio de se adaptar a um novo mercado de forma rápida e eficiente.

Diante desse contexto e da liderança do Brasil no uso de inteligência artificial na América Latina (SAS, 2022), este projeto se propôs a auxiliar os lojistas, tanto os experientes quanto os que ingressaram recentemente no e-commerce a obter insights valiosos, melhorar a tomada de decisões estratégicas e impulsionar a eficiência operacional.

O foco principal do projeto foi investigar o funcionamento de um chatbot equipado com IA e sua aplicação no cenário do comércio eletrônico brasileiro. Para isso, foi desenvolvida uma interface interativa, utilizando dados sintéticos provenientes do ambiente online, permitindo a geração de informações relevantes tanto em uma perspectiva global do e-commerce quanto de forma específica para atender às necessidades dos lojistas em suas vendas.

## **1. REFERENCIAL TEÓRICO**

Esta seção apresenta o referencial teórico utilizado para embasar o trabalho proposto. Inicialmente, são abordados os fundamentos das tecnologias de chatbots inteligentes, destacando os conceitos essenciais e as principais tecnologias que possibilitam o desenvolvimento desses sistemas. Em seguida, são exploradas as tecnologias envolvidas na criação de um agente de inteligência artificial, como algoritmos de aprendizado profundo e arquiteturas de redes neurais. Por fim, a seção detalha como um agente com foco em dados do comércio eletrônico brasileiro pode ser construído, analisando os desafios e soluções específicos desse contexto.

### **1.1 Fundamentos das Tecnologias de Chatbots Inteligentes**

“ELIZA é um programa que opera dentro do sistema de compartilhamento de tempo MAC do MIT, que torna possíveis certos tipos de conversação em linguagem natural entre homem e computador” (WEIZENBAUM, 1966, p. 01, tradução nossa).

Sendo o precursor da interação natural entre humano e computador, ELIZA foi essencial para o entendimento e avanço da área de chatbots, influenciando significativamente na evolução dos chatbots modernos. Com o objetivo de permitir uma comunicação mais estruturada e eficiente, seu desenvolvimento envolveu a formulação e aplicação de um conjunto predefinido de regras de funcionamento conforme é ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Interface de usuário do ELIZA

```
=====
EEEEEEEE L      IIIIII  ZZZZZZZ  AAA
E         L      I       Z         A   A
E         L      I       Z         A   A
EEEEEE   L      I       Z         A   A
E         L      I       Z         AAAAAA
E         L      I       Z         A   A
EEEEEEEE LLLLLLL IIIIIII ZZZZZZ  A   A
=====
ELIZA > (PLEASE TYPE IN ALL CAPS) WHAT'S YOUR NAME DEAR ?
AMIT
ELIZA > HI, I'M ELIZA. WHAT DO YOU WANT TO TALK ABOUT ?
AMIT > CAN I TALK ABOUT MY PROBLEM ?
ELIZA > SURE... !
AMIT > DUE TO ON GOING EXAMS IN COLLEGE, I HAVE A LOT OF STRESS.
ELIZA > PLEASE RELAX A LITTLE. SLEEP WELL.
AMIT > THANKS FOR YOUR ADVICE.
ELIZA > NO MENTION.
AMIT > BYE
ELIZA > BYE AND KEEP IN TOUCH...
=====
```

Fonte: Akyon (2018).

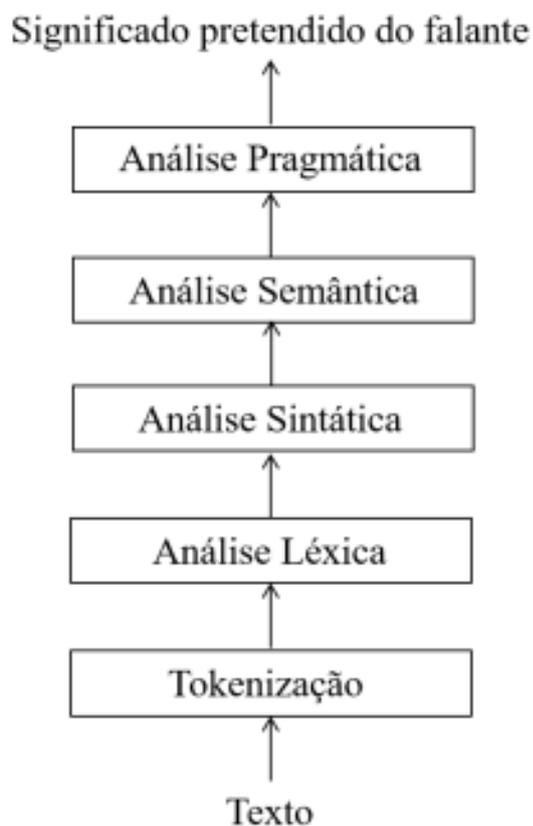
Segundo Schlicht (2016), os chatbots podem funcionar de duas formas: por regras ou por aprendizado de máquina (AM), sendo o primeiro mais limitado, podendo responder consultas simples com respostas predefinidas. Dessa forma os chatbots com inteligência artificial vem ganhando popularidade atualmente, sendo capazes de aprender e se adaptar às necessidades dos usuários.

Conforme Martins *et al.* (2020), até meados dos anos 1980, os algoritmos eram principalmente criados com base em conjuntos de regras manuais, contudo, ao final da década, houve uma revolução no processamento de linguagem natural com a introdução de algoritmos de aprendizado automático. Como base para diversas tecnologias atuais, o aprendizado de máquina é uma subárea da IA bem utilizada para solucionar a crescente complexidade dos problemas, e lidar com o aumento da velocidade e volume de dados gerados por diferentes setores (FACELI *et al.*, 2021).

Para que os chatbots possam entender e interpretar a linguagem humana de forma natural, é preciso utilizar ferramentas capazes de permitir essa interação. Uma dessas é o PLN, que representa um subcampo da inteligência artificial dedicado a capacitar computadores a processar, interpretar e gerar linguagem humana de forma natural (BLETE; CAELEN, 2023).

No processamento de linguagem natural, a análise da linguagem é dividida em estágios que abrangem várias tarefas, como classificação de texto, geração de texto, resposta a perguntas e tradução. Esses estágios refletem questões teóricas linguísticas, como sintaxe, semântica e pragmatismo, podendo ser decompostos em mais etapas conforme representado na Figura 2 (DAMERAU; INDURKHYA, 2010).

**Figura 2 – Etapas de avaliação na execução de processamento de linguagem natural**



Fonte: Damerau e Indurkhya (2010).

Para Bird, Klein e Loper (2009), outros modelos, como redes neurais multiníveis, são muito mais obscuros, mesmo sendo possível obter insights é preciso muito mais trabalho. No entanto, com o avanço em poder computacional, otimizações nas taxas de aprendizagem e o surgimento de bibliotecas para auxiliar no desenvolvimento, as redes neurais estão rapidamente se tornando referência no campo do processamento de linguagem natural (BENGFORT; BILBRO; OJEDA, 2018).

## 1.2 Tecnologias de um Agente de Inteligência Artificial

Para (Deng; Liu, 2018), o aprendizado profundo se origina das redes neurais profundas, que são caracterizadas por várias camadas dispostas em cascata. Essas redes são inspiradas em sistemas neurais biológicos, buscando imitar a complexidade e a capacidade de aprendizado do cérebro humano. Conhecidas como segmentos dentro do campo de aprendizado profundo, modelos como redes neurais recorrentes (RNNs), que podem ser ajustadas para lidar com o processamento de sequências extremamente longas de dados, e redes de memória de curto prazo (LSTMs), uma variação das RNNs que melhora a capacidade de aprendizado a longo prazo utilizando auto-loops, têm se destacado (GOODFELLOW; BENGIO; COURVILLE, 2016).

Além disso, as redes neurais convolucionais (CNNs ou ConvNets) têm sido tremendamente bem-sucedidas em aplicações práticas, como no reconhecimento de imagens e no processamento de vídeo. Outro modelo importante são as redes generativas adversárias (GANs), que têm revolucionado a geração de dados sintéticos, oferecendo novas possibilidades para a criação de imagens, textos e outros tipos de dados. A popularidade desses modelos aumentou significativamente nos últimos anos, conforme apontam (BENGFORT; BILBRO; OJEDA, 2018).

De acordo com Zhang *et al.* (2023), os LSTMs são caracterizados por possuírem três tipos de portas: entrada, esquecimento e saída, que desempenham a função de regular o fluxo de informações. Na camada oculta do LSTM, ocorre a geração tanto do estado oculto quanto do estado interno da célula de memória, sendo que somente o estado oculto é transmitido para a próxima camada, enquanto o estado interno permanece interno. Essa arquitetura específica contribui significativamente para mitigar problemas de gradientes desaparecendo e explodindo, permitindo que as redes aprendam com dados mais complexos e de grande extensão de forma mais produtiva e precisa.

Adicionalmente, os LSTMs se destacam como um fator importante em diversas aplicações de inteligência artificial, como reconhecimento de voz, tradução automática e processamento de linguagem natural, devido à sua capacidade de aprender sequências longas e analisar o contexto. Essa eficácia é evidenciada pela equação de atualização e pela dinâmica de retropropagação atrativa, como ressaltado por (KARPATHY, 2015).

O cenário dos modelos de linguagem neural testemunhou um progresso notável nos últimos anos, impulsionado por avanços arquitetônicos e no poder computacional. Em 2017, foi introduzido o Transformer, uma arquitetura inovadora que dispensa mecanismos recorrentes e se baseia unicamente na atenção para capturar dependências globais entre entrada e saída, permitindo uma paralelização significativa e um desempenho superior em relação aos modelos recorrentes pré-existentes (VASWANI *et al.*, 2017).

O Transformer segue uma estrutura codificador-decodificador, composta por múltiplas camadas de blocos de atenção empilhados. Cada bloco codificador engloba uma camada de autoatenção, seguida por normalização, conexão residual e uma camada de alimentação direta e os blocos decodificadores replicam a estrutura dos codificadores, incorporando adicionalmente uma camada de atenção cruzada para conectar as representações do codificador ao decodificador (YOU; SUN; IYYER, 2020).

Um aspecto fundamental dos Transformers reside na atenção cruzada e na autoatenção, presentes também em modelos de linguagem de grande escala (LLMs). Estes mecanismos, derivados do conceito de atenção, direcionam o foco para os termos mais relevantes em cada etapa da tarefa, aprimorando o processamento (BLETE; CAELEN, 2023). A autoatenção, em particular, destaca-se por sua capacidade de relacionar as palavras na entrada entre si, demonstrando grande efetividade em tarefas como geração de texto e resposta a perguntas, onde o contexto da frase é crucial para respostas precisas (VASWANI *et al.*, 2017).

Em contrapartida aos Transformers, os Generative Pre-Trained Transformer (GPT), também baseados na arquitetura geral do Transformer, apresentam uma distinção crucial: a ausência de um codificador (KUBLIK; SABOO, 2022). Essa característica elimina a necessidade de atenção cruzada, fazendo com que os GPTs dependam exclusivamente da autoatenção dentro do decodificador para gerar representações e previsões sensíveis ao contexto. Essa simplificação os torna adaptáveis a uma ampla gama de tarefas, além de reduzir significativamente o tempo de treinamento.

### 1.3 Agente com Foco em Dados do Comércio Eletrônico Brasileiro

No âmbito da Inteligência Artificial, os agentes de IA se destacam como componentes essenciais, integrando diversas funcionalidades para executar tarefas autônomas com alta eficiência. Conforme a documentação da Google (2024), um agente se caracteriza por metas, que descrevem o que precisa ser alcançado, e instruções, que delineiam as etapas necessárias para atingir esses objetivos. Para aprimorar o treinamento do LLM, exemplos de interações, conhecidos como comandos few-shot, são utilizados.

Aplicações que envolvem agentes de IA frequentemente empregam múltiplos agentes trabalhando em conjunto, cada um especializado em processar diferentes tipos de tarefas. Estes agentes são configurados para fornecer informações, enviar consultas a serviços externos ou realizar subtarefas. Devlin *et al.* (2018) apresentam duas estratégias principais para utilizar representações de idioma pré-treinadas em tarefas de fluxo: a abordagem baseada em recursos e a abordagem de ajuste fino. Cada uma possui características e vantagens distintas, tornando-se ferramentas valiosas para diferentes cenários.

Para Brown *et al.* (2020), o fine-tuning tem sido a abordagem mais comum nos últimos anos e envolve a atualização dos pesos de um modelo pré-treinado, treinando-o em um conjunto de dados supervisionado específico para a tarefa desejada. Normalmente, são usados milhares a centenas de milhares de exemplos rotulados. Dessa forma, utilizar o ajuste fino melhora o aprendizado em poucas tentativas, permitindo a obtenção de melhores resultados em um amplo número de tarefas (OPENAI, 2023).

Outras abordagens enriquecem as capacidades dos agentes, como a proposta de Schick *et al.* (2023) de equipar modelos de linguagem com a habilidade de utilizar várias ferramentas externas através de chamadas de Application Program Interfaces (APIs), usando tokens especiais para delimitar essas chamadas. Além disso, há abordagens que requerem interações humanas para fornecer feedback, fundamental para aprimorar o modelo e proporcionar respostas mais adequadas (CHRISTIANO *et al.*, 2017).

Como também a técnica denominada Retrieval-Augmented Generation (RAG), introduzida por Lewis *et al.* (2020); Guu *et al.* (2020), representa uma técnica inovadora que integra a geração de texto com a recuperação de informações. Essa

metodologia emprega um mecanismo de busca para recuperar documentos pertinentes e um gerador para criar respostas com base nessas informações previamente recuperadas.

Apesar da robustez e do potencial dos agentes de Inteligência Artificial, ainda existem desafios a serem superados. Um dos principais reside na possibilidade do modelo gerar respostas incorretas, mas que aparentam estar corretas, denominadas "alucinações" (MAYNEZ *et al.*, 2020). Essas falhas factuais podem comprometer a confiabilidade e a efetividade dos agentes, exigindo o desenvolvimento de técnicas para mitigá-las.

No contexto do RAG, diversos métodos foram introduzidos com o objetivo de superar suas limitações e aprimorar a qualidade da geração do LLM. Dentre elas, destacam-se a Geração Aumentada de Recuperação Autorreflexiva (Self-RAG), conforme discutido por Asai *et al.* (2023), e o Adaptive-RAG, como é apresentado por (JEONG *et al.*, 2024). A Self-RAG tem como objetivo melhorar a precisão factual do modelo, utilizando técnicas de recuperação sob demanda e autorreflexão, sem comprometer sua versatilidade.

O Adaptive-RAG propõe um novo método eficaz para recuperar informações entre várias LLMs (recuperação aumentada). Ele utiliza um classificador menor, treinado para prever o nível de dificuldade da consulta, com conjuntos de dados de treinamento coletados automaticamente sem rotulagem humana. Esse método adapta-se à complexidade específica de cada consulta, determinando o modelo mais apropriado para respondê-la (JEONG *et al.*, 2024).

No cenário atual, empresas brasileiras reconhecem a importância da análise de dados históricos e da obtenção de insights preditivos para aprimorar suas decisões estratégicas (SAS, 2022). Nesse sentido, os agentes de IA se apresentam como ferramentas valiosas para alcançar esse objetivo.

Considerando a variedade de fornecedores de LLM disponíveis no mercado, como Gemini (TEAM *et al.*, 2023), Llama 2 (TOUVRON *et al.*, 2023) e GPT-4 (OPENAI *et al.*, 2023). A escolha do provedor ideal dependerá das necessidades específicas de cada tarefa, mas todos oferecem um alto grau de personalização, permitindo que as empresas adaptem os agentes aos seus fluxos de trabalho e objetivos.

## **2. METODOLOGIA**

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, focada na busca de soluções práticas para a implementação de chatbots inteligentes. A abordagem adotada é uma combinação de métodos qualitativos e quantitativos pois fornece uma visão abrangente, permitindo uma compreensão profunda das tecnologias e ao mesmo tempo mensura o desempenho do agente em relação aos dados sintéticos do comércio eletrônico no Brasil.

No que diz respeito ao objetivo da pesquisa, adota-se uma perspectiva exploratória, buscando entender e explorar os avanços tecnológicos e sua aplicação específica em chatbots de IA. Isso está alinhado com a abordagem discutida por Wazlawick (2020), que ao examinar fenômenos em busca de anomalias, conhecidas ou não, visa estabelecer a base para uma investigação mais sistemática posteriormente. Quanto aos procedimentos, a pesquisa é de natureza bibliográfica, envolvendo uma revisão detalhada da literatura existente sobre o uso de tecnologias em chatbots.

O método de pesquisa aplicado é indutivo, partindo de observações específicas para generalizações mais amplas relacionadas ao uso de chatbots no comércio eletrônico. Visando avaliar o desempenho dos chatbots no cenário do comércio eletrônico, destacando-se como uma pesquisa que se propõe a contribuir para o entendimento e aprimoramento prático dessa tecnologia inovadora mesmo suas conclusões podendo não ser absolutas, têm alta probabilidade de serem verdadeiras caracterizando como método estatístico (MATIAS-PEREIRA, 2016).

### **2.1 Procedimentos Metodológicos**

Para o desenvolvimento do projeto, foi realizada a geração de dados sintéticos com base em informações transacionais do comércio eletrônico, incluindo variáveis como pedidos, faturamento, ticket médio e frete médio pago, garantindo a diversidade e a representatividade dos dados observados no primeiro trimestre de 2024. Com base nesses dados coletados, foram criados dois modelos com diferentes estratégias para o desenvolvimento e implementação do chatbot.

O primeiro modelo utilizou um conjunto diversificado de conversas de demonstração, que foram organizadas em pequenos pedaços em um formato de documento. Após a organização, esses documentos passaram por uma função de

embedding, que transformou os textos em representações vetoriais. Essas representações vetoriais foram então salvas em um banco de dados vetorial. Este banco vetorial atuou como um recuperador de informações, permitindo que o chatbot respondesse às questões dos usuários de maneira eficiente e precisa. O Pinecone foi escolhido por sua capacidade de realizar buscas rápidas e precisas em grandes volumes de dados vetoriais, combinando a pesquisa vetorial com filtros de metadados familiares para obter os resultados desejados (PINECONE, 2024).

O segundo modelo se diferencia pela implementação de uma arquitetura de ferramentas e roteamento. Essa arquitetura funciona como um sistema centralizado que recebe as perguntas dos usuários e busca os dados necessários para responder às suas perguntas através de chamadas para uma API.

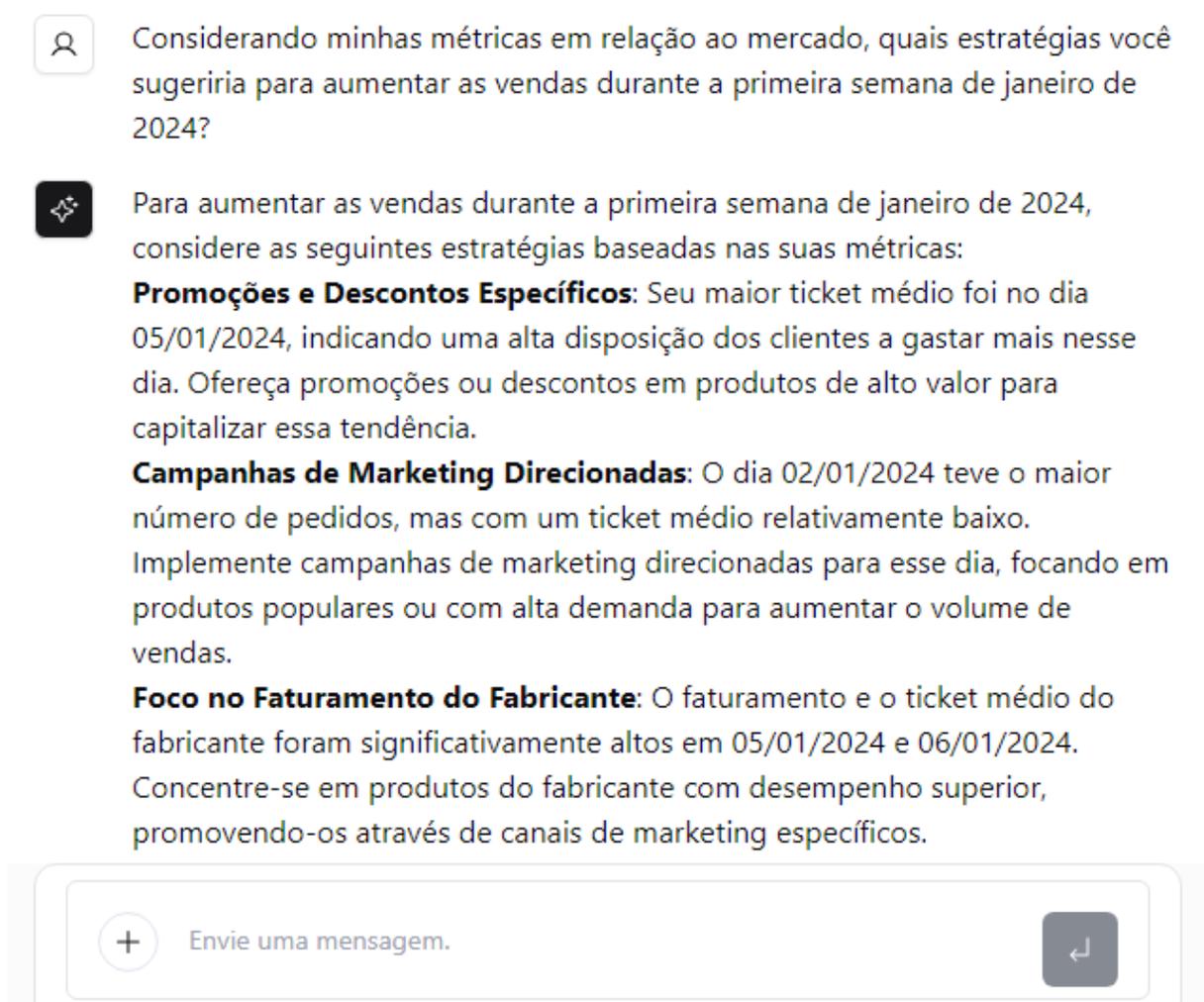
O LLM desempenhou um papel crucial nesse processo, sendo empregado para processar as solicitações dos usuários e direcioná-las para a rota correta, juntamente com os parâmetros necessários para gerar respostas mais precisas e assertivas. Também permitindo uma iteração, possibilitando que o LLM seja consultado novamente para sugerir uma recomendação caso o usuário a requirite.

Para esse funcionamento, foi utilizado os modelos de linguagem da OpenAI: o gpt-3.5-turbo-0125, que direcionou cada conversa para o caminho ideal, garantindo uma interação eficiente, e o gpt-4-0125-preview, responsável por gerar respostas precisas e personalizadas, considerando o contexto da conversa e as necessidades do cliente. Ambos os modelos são suportados pela Vercel AI SDK, uma biblioteca open source especializada em interfaces de usuários baseadas em IA (VERCEL, 2024). A integração desses modelos com a interface de conversação foi facilitada pela Vercel AI SDK, simplificando o desenvolvimento da interface, acelerando o processo de implementação e garantindo uma interação robusta entre o sistema e o usuário.

Sendo utilizada em conjunto com o framework web Next.js, amplamente adotado por grandes empresas globais (VERCEL, 2024). Essa combinação de tecnologias permitiu que a interface do chatbot fornecesse respostas rápidas e precisas, adaptando-se em tempo real às necessidades dos usuários. Além disso, a arquitetura robusta do Next.js proporcionou uma base sólida para o crescimento contínuo do chatbot, garantindo escalabilidade e facilidade na incorporação de novas funcionalidades para aprimorar a experiência do usuário.

Ao utilizar a aplicação e o modelo de ferramentas, o usuário pode ser direcionado para diferentes cenários, dependendo de suas intenções e necessidades. O sistema é projetado para identificar o objetivo do usuário a partir de suas interações. Por exemplo, se o usuário solicitar uma recomendação explícita, ele será encaminhado para o sistema de recomendação, conforme ilustrado na Figura 3. Nesse cenário, o chatbot analisará as preferências e o histórico do usuário para fornecer sugestões personalizadas, otimizando a relevância das recomendações.

**Figura 3 – Interface do chatbot com resultados no formato de recomendação**



Fonte: Produzido pelo autor.

Além disso, o chatbot é capaz de responder em diversos formatos específicos. Isso inclui a geração de tabelas para organizar dados de forma clara e estruturada, a apresentação de números destacados (big numbers) para enfatizar métricas importantes, e a criação de gráficos para visualizar informações de maneira intuitiva e

compreensível. Esses componentes personalizáveis permitem que o chatbot atenda a uma ampla gama de necessidades de apresentação de informações, tornando a interação mais intuitiva e relevante. Por exemplo, ao solicitar uma análise de vendas, o usuário pode receber um gráfico de tendências, uma tabela detalhada de vendas por região ou um número destacado mostrando o total de vendas do mês. Esses recursos visuais são ilustrados na Figura 4.

**Figura 4 – Interface do chatbot com resultados no formato de componentes customizáveis**



Fonte: Produzido pelo autor.

Para validar os resultados obtidos pelos modelos, foi utilizada uma abordagem que envolveu o uso de uma planilha contendo um conjunto de perguntas e suas respostas esperadas. Essa planilha foi essencial para comparar as respostas geradas pelo modelo com as respostas corretas, concebida com base no comportamento da

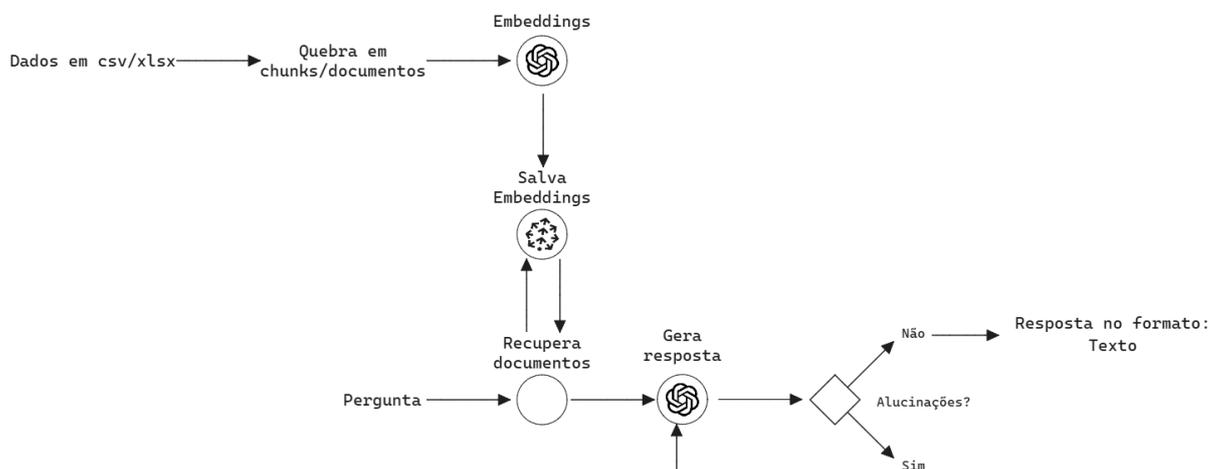
ferramenta TruthfulQA, que é um benchmark composto por um conjunto de perguntas elaboradas especificamente para induzir respostas enganosas, representando um desafio significativo para a avaliação da precisão e confiabilidade dos modelos de IA (LIN; HILTON; EVANS, 2021).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, é importante destacar que a análise do comportamento do agente utilizando RAG juntamente com técnicas como a Self-RAG foi conduzida com o objetivo de avaliar sua eficácia em lidar com diferentes tipos de perguntas. Em cenários que envolviam perguntas simples e diretas, o agente demonstrou um desempenho excepcional, gerando respostas precisas e contextualmente adequadas. No entanto, em situações mais complexas, como consultas que requerem relacionamentos complexos ou processamento de longas sequências temporais, o agente apresentou algumas limitações.

Um dos principais desafios identificados foi a falta de algumas informações relevantes recuperadas do contexto, o que limitava a capacidade do modelo de gerar respostas precisas e contextualmente adequadas. Esse problema resultava na geração de respostas com alucinações, variando em cada ciclo de interação. Esta deficiência é evidenciada na análise apresentada na Figura 5.

**Figura 5 – Modelo utilizando RAG e Self-RAG**

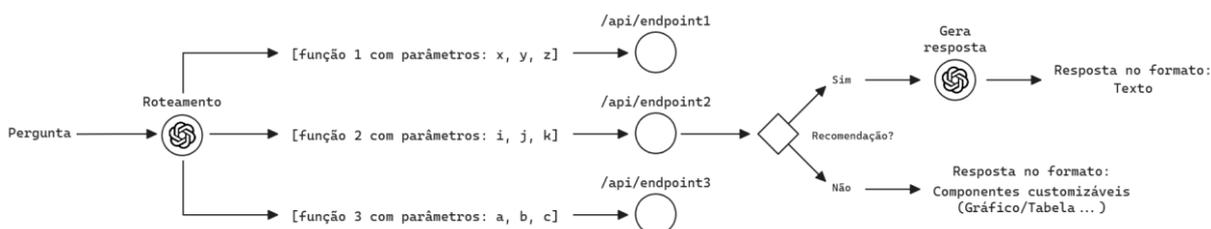


Fonte: Produzido pelo autor.

Em segundo lugar, a estratégia de utilizar ferramentas (tools) e uma abordagem de seleção similar ao Adaptive-RAG Jeong *et al.* (2024) foi implementada, consistindo na decomposição da pergunta em seus componentes básicos para a obtenção de parâmetros e, por meio de um roteamento, identificou-se qual rota se encaixava com os parâmetros estabelecidos. Dessa forma, as requisições eram direcionadas de acordo com a necessidade específica do usuário, permitindo a obtenção de dados relevantes para o retorno da resposta ao usuário.

As respostas geradas foram além das recomendações que o sistema era capaz de oferecer ao usuário com base nos dados obtidos e na análise do contexto da interação. Além disso, o sistema permitiu a entrega de componentes customizáveis, como gráficos e tabelas, que facilitaram a visualização e a compreensão das informações. A Figura 6 ilustra o funcionamento desse processo, evidenciando a integração entre o roteamento inteligente e as APIs utilizadas para a obtenção e o tratamento dos dados.

**Figura 6 – Modelo utilizando tools e rotas adaptativas**



Fonte: Produzido pelo autor.

A análise dos resultados revelou um desempenho insatisfatório do agente ao utilizar o modelo RAG com a técnica Self-RAG, enfrentando dificuldades em situações com intervalos temporais extensos, muito por causa da falta de informações na hora de recuperar documentos. Essa limitação destaca a complexidade subjacente à compreensão de perguntas que requerem a análise cruzada de dados do e-commerce em intervalos específicos de tempo.

Por outro lado, a estratégia de decompor perguntas e redirecionar requisições de acordo com a necessidade específica do usuário mostrou-se promissora, permitindo a obtenção de dados relevantes e a entrega de respostas mais assertivas e

personalizadas com fácil visualização, demonstrando a eficiência a flexibilidade do sistema de roteamento com integração de APIs.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto evidencia a eficácia da estratégia de decomposição de perguntas e redirecionamento de requisições, resultando em respostas mais precisas e personalizadas para os lojistas. O modelo RAG, aliado a técnicas como o Self-RAG, apresentou limitações ao lidar com perguntas envolvendo intervalos temporais extensos, apontando para a necessidade de melhorias na compreensão contextual de dados temporais. No entanto, a utilização de componentes customizáveis, como gráficos e tabelas, mostrou-se eficiente para a visualização dos dados. Recomenda-se que futuras pesquisas aprimorem a interpretação de informações temporais complexas e continuem a explorar abordagens de roteamento inteligente e integração de APIs, a fim de proporcionar recomendações estratégicas mais relevantes e acessíveis.

#### 5. REFERÊNCIAS

- AKYON, Fatih Cagatay. **Paper review 1: ELIZA — A computer program for the study of natural language communication between man and machine**. Medium - NPL CharBolt Survey, 2018. Disponível em: <https://medium.com/nlp-chatbot-survey/computational-linguistics-754c16fc7355>. Acesso em: 28 nov. 2023.
- ASAI, Akari *et al.* Self-rag: Learning to retrieve, generate, and critique through self-reflection. **arXiv preprint arXiv:2310.11511**, 2023. Disponível em: <http://arxiv11511.org/abs/2310..> Acesso em: 22 mai. 2024.
- BENGFORT, Benjamim, BILBRO, Rebecca; OJEDA, Tony. **Applied Text Analysis with Python: Enabling Language-Aware Data Products with Machine Learning**. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2018.
- BIRD, Steven, KLEIN, Ewan; LOPER, Edward. **Natural Language Processing with Python**. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2009.
- BLETE, Marie-Alice; CAELEN, Olivier. **Developing Apps with GPT-4 and ChatGPT: Build Intelligent Chatbots, Content Generators, and More**. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2023.
- BROWN, Tom *et al.* Language models are few-shot learners. **Advances in neural information processing systems**, v. 33, p. 1877-1901, 2020. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2005.14165>. Acesso em: 21 mai. 2024.
- CHRISTIANO, Paul F. *et al.* Deep reinforcement learning from human preferences. **Advances in neural information processing systems**, v. 30, 2017. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1706.03741>. Acesso em: 28 nov. 2023.
- DAMERAU, Fred J.; INDURKHYA, Nitin (Orgs.). **Handbook of natural language processing**. 2. ed. Filadélfia, PA, USA: Chapman & Hall/CRC, 2010.

DENG, Li; LIU, Yang. **Deep learning in natural language processing**. Springer, 2018.

DEVLIN, Jacob *et al.* Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. **arXiv preprint arXiv:1810.04805**, 2018. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/1810.04805>. Acesso em: 20 mai. 2024.

E-COMMERCE BRASIL. **Com pandemia, e-commerce mais que dobra e já chega a 21% das vendas**. InfoMoney, 2021. Disponível em: <https://www.ecommercebrasil.com.br/noticias/com-pandemia-e-commerce-mais-que-dobra-e-ja-chega-a-21-das-vendas>. Acesso em: 28 nov. 2023.

FACELI, Katti; LORENA, Ana C.; GAMA, João; *et al.* **Inteligência Artificial - Uma Abordagem de Aprendizado de Máquina**. São Paulo: Grupo GEN, 2021. *E-book*. ISBN 9788521637509. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521637509>. Acesso em: 25 nov. 2023.

GÉRON, Aurélien. **Mãos à Obra: Aprendizado de Máquina com Scikit-Learn, Keras & TensorFlow: Conceitos, Ferramentas e Técnicas para a Construção de Sistemas Inteligentes**. Rio de Janeiro: Editora Alta Books, 2021. *E-book*. ISBN 9786555208146. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555208146>. Acesso em: 28 nov. 2023.

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. **Deep Learning**. Cambridge: MIT Press, 2016. Disponível em: <http://www.deeplearningbook.org>. Acesso em: 19 mai. 2024.

GOOGLE. **Documentação do Dialogflow Vertex: Agents**. Disponível em: <https://cloud.google.com/dialogflow/vertex/docs/concept/agents>. Acesso em: 22 maio 2024.

GUU, Kelvin *et al.* Retrieval augmented language model pre-training. In: **International conference on machine learning**. PMLR, 2020. p. 3929-3938. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2002.08909>. Acesso em: 22 mai. 2024.

JEONG, Soyeong *et al.* Adaptive-rag: Learning to adapt retrieval-augmented large language models through question complexity. **arXiv preprint arXiv:2403.14403**, 2024. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2403.14403>. Acesso em: 27 mai. 2024.

KARPATHY, Andrej. **The Unreasonable Effectiveness of Recurrent Neural Networks**. Blog, 2015. Disponível em: <http://karpathy.github.io/2015/05/21/rnn-effectiveness>. Acesso em: 27 nov. 2023.

KUBLIK, Sandra; SABOO Shubham. **GPT-3: Building Innovative NLP Products Using Large Language Models**. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2022.

LEWIS, Patrick *et al.* Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive nlp tasks. **Advances in Neural Information Processing Systems**, v. 33, p. 9459-9474, 2020. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2005.11401>. Acesso em: 22 mai. 2024.

LIN, Stephanie; HILTON, Jacob; EVANS, Owain. Truthfulqa: Measuring how models mimic human falsehoods. **arXiv preprint arXiv:2109.07958**, 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2109.07958>. Acesso em: 29 nov. 2023.

LIU, Xiaoxia *et al.* Prompting frameworks for large language models: A survey. **arXiv preprint arXiv:2311.12785**, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2311.12785>. Acesso em: 27 nov. 2023.

MARTINS, Júlio S.; LENZ, Maikon L.; SILVA, Michel Bernardo Fernandes Da; *et al.* **Processamentos de Linguagem Natural**. Porto Alegre: Grupo A, 2020. *E-book*. ISBN 9786556900575. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556900575>. Acesso em: 27 nov. 2023.

MATIAS-PEREIRA, José. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. São Paulo: Grupo GEN, 2016. *E-book*. ISBN 9788597008821. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597008821>. Acesso em: 29 nov. 2023.

MAYNEZ, Joshua *et al.* On faithfulness and factuality in abstractive summarization. **arXiv preprint arXiv:2005.00661**, 2020. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2005.00661>. Acesso em: 22 mai. 2024.

NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial**. São Paulo: Grupo GEN, 2013. *E-book*. ISBN 9788595156104. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595156104>. Acesso em: 28 nov. 2023.

OPENAI. **Fine-Tuning Guide**. Disponível em: <https://platform.openai.com/docs/guides/fine-tuning>. Acesso em: 24 nov. 2023.

OPENAI *et al.* GPT-4 Technical Report. **arXiv preprint arXiv:2303.08774**, 2023. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2303.08774>. Acesso em: 22 mai. 2024.

PINECONE. **Pinecone**. Disponível em: <https://www.pinecone.io/>. Acesso em: 27 maio 2024.

SAS. **Brasil é o país mais avançado da América Latina no uso de inteligência artificial**. SAS Institute Inc., 2022. Disponível em: [https://www.sas.com/pt\\_br/news/press-releases/2022/october/brasil-e-o-pais-mais-avancado.html](https://www.sas.com/pt_br/news/press-releases/2022/october/brasil-e-o-pais-mais-avancado.html). Acesso em: 24 nov. 2023.

SCHICK, Timo *et al.* Toolformer: Language models can teach themselves to use tools. **Advances in Neural Information Processing Systems**, v. 36, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2302.04761>. Acesso em: 22 mai. 2024.

SCHLICHT, Matt. **The Complete Beginner's Guide To Chatbots**. Chatbots Magazine, 2016. Disponível em: <https://chatbotsmagazine.com/the-complete-beginner-s-guide-to-chatbots-8280b7b906ca>. Acesso em: 26 nov. 2023.

TEAM, Gemini *et al.* Gemini: a family of highly capable multimodal models. **arXiv preprint arXiv:2312.11805**, 2023. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2312.11805>. Acesso em: 22 mai. 2024.

TOUVRON, Hugo *et al.* Llama 2: Open foundation and fine-tuned chat models. **arXiv preprint arXiv:2307.09288**, 2023. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2307.09288>. Acesso em: 29 nov. 2023.

TURING, Alan M. Computing Machinery and Intelligence. **Mind**, v. LIX, p. 433-460, 1950. Disponível em: <https://redirect.cs.umbc.edu/courses/471/papers/turing.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2023.

VASWANI, Ashish *et al.* Attention is all you need. **Advances in neural information processing systems**, v. 30, 2017. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/1706.03762>. Acesso em: 20 mai. 2024.

VERCEL. **Next.js**. Disponível em: <https://nextjs.org/>. Acesso em: 27 mai. 2024.

VERCEL. **Vercel SDK Documentation: Introduction**. Disponível em: <https://sdk.vercel.ai/docs/introduction>. Acesso em: 27 mai. 2024.

WAZLAWICK, Raul S. **Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação**. São Paulo: Grupo GEN, 2020. *E-book*. ISBN 9788595157712. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595157712>. Acesso em: 29 nov. 2023.

WEIZENBAUM, Joseph. **ELIZA—a computer program for the study of natural language communication between man and machine**. Association Computing Machinery. Copyright ACM 1966. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/365153.365168>. Acesso em: 26 nov. 2023.

YOU, Weiqiu; SUN, Simeng; IYYER, Mohit. Hard-coded Gaussian attention for neural machine translation. **arXiv preprint arXiv:2005.00742**, 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2005.00742>. Acesso em: 20 mai. 2024.

ZHANG, Aston; LIPTON, Zachary C.; LI, Mu; SMOLA, Alexander J. **Dive into Deep Learning**. Cambridge: Cambridge University Press, 2023. Disponível em: <https://D2L.ai>. Acesso em: 19 mai. 2024.

# SMART GRID: PROTOCOLOS E APLICAÇÕES

Maria Júlia da Cunha Feu<sup>1</sup>  
Adan Lucio Pereira<sup>2</sup>  
Otávio Gaigher Simões<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Multivix Vitória  
<sup>2</sup>Mestres, Docentes do Centro Universitário Multivix Vitória

## RESUMO

Este artigo investiga a implantação das redes inteligentes (*Smart Grid*), tendo como foco a praticidade e otimização do monitoramento e controle das redes elétricas. A partir de uma revisão bibliográfica e análise de estudos teóricos, foram adquiridas diversas informações sobre a junção da rede tradicional com as novas tecnologias de medição, controle e comunicação que a smart grid pode oferecer. Com base nos dados adquiridos, notou-se que a integração deste novo conceito implica na maior eficiência e otimização da demanda e oferta de energia, no qual pode reduzir significativamente as perdas. Contudo, o uso de redes inteligentes possui um alto poder de eficiência atrelado ao monitoramento em tempo real, que possibilita melhor reconhecimento em falhas na rede ou perda de dados, facilitando também a manutenção e reparo da linha.

## PALAVRAS-CHAVE

Padrão; Smart Grid; Rede Elétrica.

## ABSTRACT

This article investigates the implementation of smart grids, focusing on the practicality and optimization of monitoring and controlling electrical networks. Through a literature review and theoretical analysis, various insights were gathered regarding the combination of traditional grids with new measurement, control, and communication technologies offered by smart grids. Based on the acquired data, it was observed that integrating this new concept leads to greater efficiency and optimization of energy supply and demand, which can significantly reduce losses. Moreover, smart grids have high efficiency linked to real-time monitoring, enabling better fault detection, demand loss, and data management, which also facilitates maintenance and line repair.

## KEYWORDS

Standard; Smart Grid; Electrical Network.

## INTRODUÇÃO

A evolução do conceito de redes inteligentes, foi mencionado pela primeira vez por volta de 2005 com a publicação do artigo "Toward a Smart Grid", representa um marco importante na modernização das redes elétricas (AMIN E WOLLENBERG, 2005). No entanto, as discussões sobre esse termo remontam a 1998, período em que várias definições foram propostas para o que viria a ser conhecido como smart grid.

Esse novo estudo sobre as redes inteligentes, ou smart grid, não se trata de uma tecnologia específica de coleta de dados e informações, mas sua principal funcionalidade é a medição e transmissão de dados dentro da rede elétrica, proporcionando a eficiência da rede de distribuição de energia elétrica (POTTER,

ARCHAMBAULT; WESTRICK, 2009). A relevância dos protocolos de comunicação na SEP ganha destaque, sendo essenciais para garantir a interoperabilidade, segurança e eficiência das operações de transmissão de dados. A escolha e análise criteriosa desses protocolos influenciam diretamente na capacidade do sistema em lidar com a heterogeneidade dos dispositivos, minimizar latências na comunicação e proteger contra possíveis vulnerabilidades cibernéticas.

Diante desse contexto, esta pesquisa visa realizar uma análise detalhada e crítica dos protocolos de comunicação na Smart Energy Platform. O foco está na compreensão da influência desses protocolos na eficiência, segurança e integração dos sistemas de transmissão de dados em redes inteligentes. Além disso, busca-se avaliar os protocolos existentes e potenciais melhorias para assegurar uma transmissão de dados robusta e segura no ambiente altamente dinâmico da SEP.

Assim, este estudo se propõe a oferecer percepções valiosas sobre os protocolos de comunicação na SEP, contribuindo para o aprimoramento contínuo das redes inteligentes e para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes na gestão de energia elétrica em ambientes altamente tecnológicos.

## **1. JUSTIFICATIVA DO TEMA**

Analisar o conceito do smart grid em comunicação com rede de distribuição e geração de energia elétrica ou também conhecida como Power Grid, a fim de mostrar a crescente evolução tecnologia no meio elétrico com novas estratégias que buscam a alta eficiência, precisão e sustentabilidade nos grandes meios de geração e distribuição energética.

Além disso, com as mudanças no meio energético para as fontes de energia mais sustentáveis como energia solar e eólica, é crucial compreender minuciosamente os protocolos de comunicação. Esses protocolos têm uma influência significativa na forma como essas fontes de energia são integradas à rede elétrica. Sendo assim, os inúmeros avanços no setor energético e a aquisição de novas soluções inteligentes, o estudo dos protocolos de comunicação na smart energy platform se tornam cada vez mais importantes para a implantação de novas tecnologias, com capacidades de medições e monitoramento em tempo real.

## **1.1 Delimitação do Tema**

O tema a ser abordado se concentra na análise de conceito denominado smart grid e suas aplicações no meio energético como a troca de informações através da evolução da internet das coisas IoT.

## **1.2 Problema de Pesquisa**

Qual é a importância do monitoramento e controle de informações e comunicação utilizados na rede de geração e distribuição energética na eficiência, segurança e integração dos sistemas de transmissão de dados em redes inteligentes? Em quais aplicações podem ser avaliados e aprimorados para garantir uma transmissão de dados mais eficaz e protegida dentro da infraestrutura no conceito de Power grid?

## **1.3 Hipótese**

Os protocolos de comunicação utilizados na Power Grid influenciam significativamente a eficiência, segurança e integração dos sistemas, impactando diretamente na transmissão de dados dentro da infraestrutura de redes inteligentes.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo Geral**

Realizar uma análise abrangente do conceito smart grid em questão da comunicação empregados nas redes de geração e distribuição de energia, visando compreender sua eficiência, segurança e impacto na transmissão de dados dentro de uma infraestrutura de redes inteligentes.

### **1.4.2 Objetivo Específico**

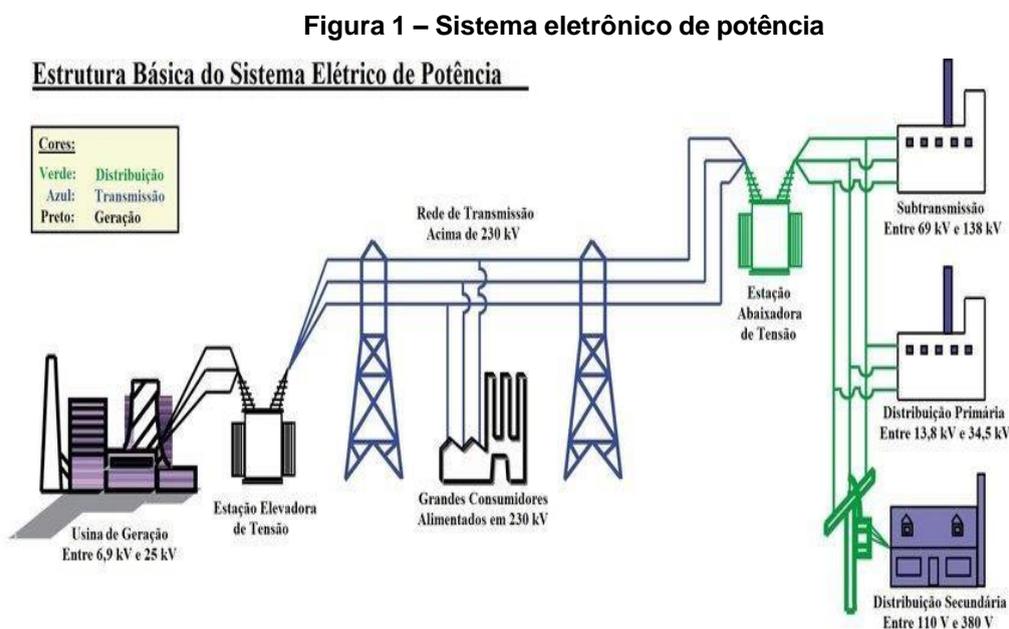
- Conceitua a termo smar grid nas redes de distribuição energética.
- Identificar os principais protocolos de comunicação utilizados nas redes de distribuição e suas características funcionais.
- Compreender cada protocolo em termos de velocidade e segurança na transmissão de dados.
- Avaliar a viabilidade e adequação dos protocolos na garantia da segurança cibernética e proteção contra ameaças na infraestrutura de redes inteligentes.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção é para fundamentar o conceito de smart grid e seus respectivos módulos de abordagens dentro da rede elétrica, no intuito de melhorar a eficiência de análise de falhas em propagação da energia elétrica.

### 2.1 Redes Elétricas

O sistema de geração foi fundamentado pela primeira vez por Thomas Edison que observava a demanda com a instalação de corrente contínua, no qual pequenos geradores eram colocados próximos aos locais de consumo, outro a defender o método de geração foi o Nikola Tesla e George Westinghouse, que referenciava semelhante a construção no qual hoje se chama de hidroelétricas, que nada mais é a instalação de grupo de geradores próximos a fontes primárias de energia. (SANTOS, 2013). Com um aumento de demanda e oferta, as centrais de geração e o sistema de transmissão ficaram cada vez maiores e robustos que atendem longas distâncias. A figura 1 mostra o sistema eletrônico de potência.



Fonte: LGL Engenharia, 2023

Apesar das redes tradicionais serem muito eficientes, há um grande desafio no cuidado, controle e monitoramento de possíveis problemas dentro dos sistemas de atual, pois a falta de peças sobressalentes e o alto custo de manutenção, demonstra um sério problema de diagnóstico que por sua vez diminui o tempo de vida útil do ativo (MENDES, 2011).

## **2.2 Tecnologias de Comunicação**

A indústria energética está constantemente em evolução, adotando tecnologias de comunicação avançadas para otimizar suas operações e maximizar a eficiência. Entre as várias tecnologias utilizadas, destacam-se ZigBee, WiMAX, Power Line Communication (PLC) e outras, cada uma apresentando características distintas e aplicabilidades específicas no setor energético (BAIMEL E TAPUCHI, 2016).

A tecnologia têm uma ampla rede de soluções, no que permite a criação de novos métodos de monitoramento e controle sendo uma dessas métodos o uso da IoT- Internet of Things- ou Internet das Coisas, que possui inúmeros protocolos, sendo o uso de redes inteligentes, e/ou smart grid, um das formas mais eficientes que quando se trata de uma gestão precisa e em tempo real (BAIMEL E TAPUCHI, 2016).

### **2.2.1 Internet das Coisas**

Internet of Things ou IoT, traduzida como internet das coisas, é um termo no qual idealiza a interconexão via internet a todas as coisas, ou seja, todos os equipamentos são aptos a conexão da internet, no qual facilita a comunicação (MORAIS, GONÇALVES E LEDUR, 2018).

Segundo Witkowski, a aparição deste conceito foi em 1999 pelo britânico Kevin Ashton, no qual o sistema é descrito como a comunicação das coisas materiais e com os computadores, sendo esse sistema com três características de conceito, onipresença e otimização (WITKOWSKI, 2017).

### **2.2.2 Infraestrutura da comunicação**

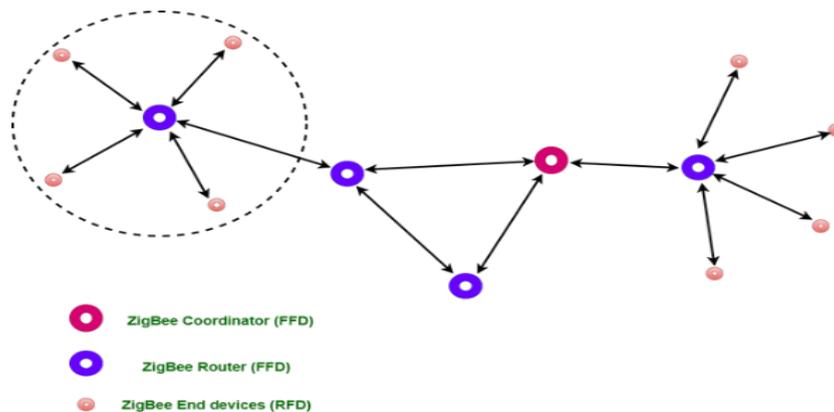
As redes inteligentes são baseadas em três tipos de redes: Home Area Network (HAN), Neighborhood Area Network (NAN) e Wide Area Network (WAN). Em definição o HAN é uma rede de comunicação utilizada dentro de uma residência ou domicílio. Essa rede pode conectar dispositivos eletrônicos, como computadores, smartphones, eletrodomésticos inteligentes, termostatos, sistemas de segurança, entre outros, permitindo sua comunicação e interação. Geralmente, a HAN é utilizada para automação residencial e pode ser gerenciada por um gateway ou hub central. Já a NAN abrange além das residências, é uma rede de comunicação com maior área do que a HAN, mas não possui uma extensão tão ampla se comparado com a WAN. E por fim a rede WAN, possui uma comunicação em larga escala, podendo abranger países ou continentes (SANTOS, 2019).

### 2.2.2.1 ZigBee

A padrão Zigbee que segue inumeros protocolos particular de comunicação sem fio baseado, sendo usado para redes de baixa potência e baixa taxa de transmissão de dados (RAMOS,2012). Essa tecnologia é frequentemente utilizada em aplicações de automação residencial, edifícios inteligentes, dispositivos médicos, sensores industriais e outras áreas que requerem comunicação entre dispositivos com consumo de energia otimizado (PAN E TSENG, 2007)

Algumas características desse protocolo é sua faixa de frequência e alcance que pode operar de 2,4 GHz, 868 MHz e 915 MHz, dependendo da região. O zigbee possui curto alcance, mas são frequentemente usados em ambientes onde são essenciais a eficiência energética e a comunicação confiável entre vários dispositivos, especialmente em sistemas de automação residencial, redes de sensores sem fio e controle de dispositivos industriais (ARAUJO, 2017). A figura 3 mostra uma estrutura zigbee.

Figura 2 – Estrutura ZigBee



Fonte: GEEKSFORGEEKS, 2023

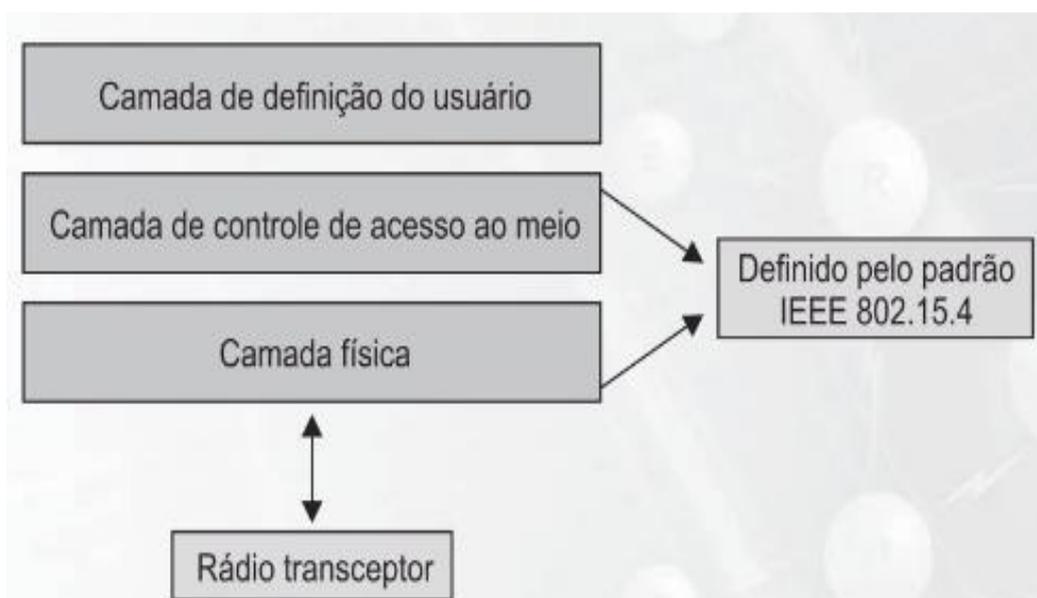
De modo geral, o ZigBee é uma camada de rede que organiza a comunicação. Para ingressar na rede, um nó (roteador ou dispositivo final) solicita ao coordenador um endereço de rede (16 bits) durante o processo de associação, garantindo autenticação e criptografia. Uma vez conectado, um nó pode enviar informações aos seus pares através de roteadores ativos. Quando um roteador recebe um pacote destinado a um dispositivo final dormindo, retém o pacote até que o destino acorde para o receber (ARAUJO, 2017).

### 2.2.2.2 Padrão IEEE 802.15.4

De acordo com a IEEE (*Institute for Electrical Eletronics Engineer*), o padrão IEEE 802.15.4 define todas as operações de comunicação sem fio, PHY e MAC de baixa taxa de dados LR-WPANs (*Lower Rate Wireless Personal Area Network*), sendo direcionado para dispositivos com baixo consumo energético e implantação (IEEE, 2020).

O padrão IEEE 802.15.4 é dividido em duas camadas a física denominada PHY e a camada de controle de acesso ao meio denominada MAC (RAMOS, 2012). A figura 4 mostra a definição das camadas do IEEE 802.15.4.

Figura 3 – Definição das camadas IEEE 802.15.4

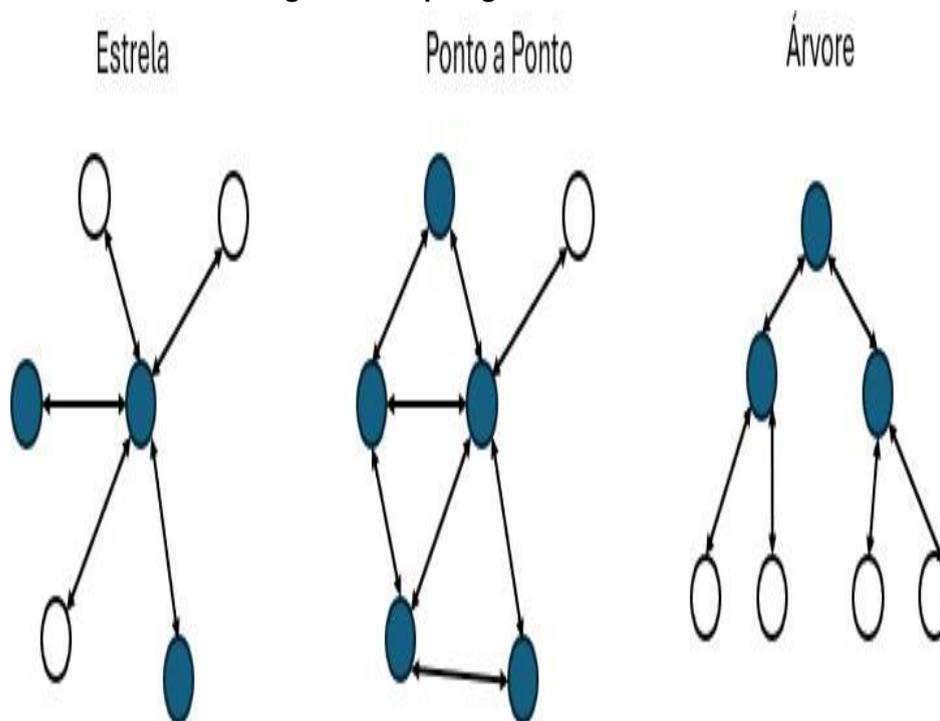


Fonte: Instrumentação Eletrônica sem Fio, 2012

Em definição a camada física trata das características de hardwares e comandos elétricos, sua principal finalidade transmitir e receber informações do meio externo e transformá-los de forma adequada para enviar ao MAC. Já a camada de controle de acesso ao meio é o cérebro do padrão, pois é responsável pelas operações que abrange o canal físico de comunicação (RAMOS, 2012).

A base desse padrão possui vários tipos de topologia, dentre elas a dois tipos principais: a estrela, ponto a ponto. Uma outra topologia que pode ser aplicada nesse padrão a denominada árvore, no qual é a junção ou derivação das duas topologias anteriores (FERTIG,2020). A figura 5 mostra a topografia de IEEE 802.15.4.

Figura 4 – Topologias de IEEE 802.15.4



Fonte: Adaptação de Queiroz, 2017

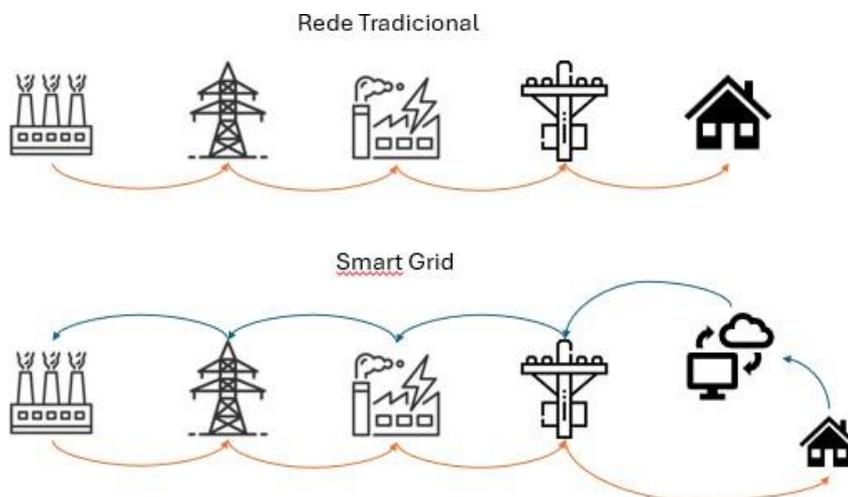
### 2.3 Smart Grid

O termo smart grid está além de sua tradução, redes inteligentes, é uma forma inteligente de integração desde a geração ao consumidor, visando melhorar a eficiência a interação com a rede de energia de forma prática e sustentável (PHUANGPORNPIITAKA E TIA, 2013).

O conceito de redes inteligentes foi apresentado em 2006 pela Plataforma Tecnologia Europeia (*European Technology Platform*), sendo proposto que o sistema de smart grid é a interação inteligente entre o sistema eletrônico de potência, a fim de monitorar, controlar e facilitar a detecção possíveis intercursos dentro da rede, visando a o baixo custo e sustentabilidade (WADE, 2013).

A figura 6 mostra uma Comparação entre a rede tradicional com a rede inteligente.

**Figura 4 – Comparação entre a rede tradicional com a rede inteligente**



Fonte: Autor, 2024.

Além disso, um sistema bidirecional não apenas conduz a produção de energia, mas também proporciona maior independência aos consumidores, o que contribui para uma infraestrutura elétrica mais resiliente, capaz de lidar com interrupções na rede principal ao permitir que essas unidades de geração distribuída continuem operando autonomamente (KESHAV E ROSENBERG, 2011).

## **2.4 Segurança da Informação em Smart Grid**

Ao analisar o cenário das Smart Grids, a segurança surge como um dos principais assuntos. Os dados críticos sobre consumo de energia, pontos de distribuição e análises em tempo real possuem um valor extremamente significativo. Embora essas informações sejam benéficas para aprimorar a experiência do usuário e a integridade do sistema, também representam potenciais alvos para atividades maliciosas. A infraestrutura das Smart Grids está suscetível a uma ampla gama de ameaças de segurança, abrangendo desde roubos e ciberataques até possíveis eventos de terrorismo e desastres naturais (SANTOS, 2020).

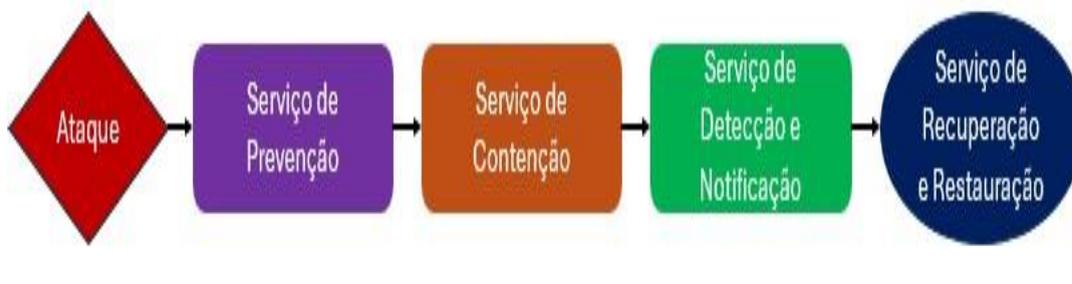
Considerando esse alto risco, em caso de uma falha substancial na rede, as consequências podem ser devastadoras. Desde apagões em larga escala até uma visualização deficiente do sistema, o que poderia atrasar a correção de problemas, passando por falhas em cascata e o caos no mercado de energia. Adicionalmente, há o risco de possíveis fatalidades, destacando a urgência de estratégias robustas de segurança cibernética e protocolos de contingência eficientes para mitigar tais cenários (SANTOS, 2020).

Segundo a GAO (Escritório de responsabilidade do governo dos EUA), em 2011, há muitas preocupações sobre a disponibilidade de informações na rede elétrica, o qual torna-se vulneráveis a ataques e perda de serviço, tais quais: O surgimento de vulnerabilidades novas e desconhecidas resultantes da implementação de tecnologias de rede inovadoras; Expansão do alcance para invasores, permitindo a disseminação ágil de atividades maliciosas, devido à interconexão crescente entre sistemas.

## 2.5 Possibilidade de divulgação indevida e uso inapropiado das informações privadas

De acordo com Paim, há três tipos de ataque a redes inteligentes: a de vulnerabilidade, a de injeção de dados e a intencional. O ataque de vulnerabilidade ocorre ao explorar falhas ou aberturas já conhecidas em dispositivos ou canais de comunicação. Também pode resultar da falta de sincronização nas informações de retorno, levando a uma entrega imprecisa de dados e induzindo a central de controle ao erro. Já o ataque de injeção de dados visa manipular as medições dos medidores digitais para criar fraudes no sistema de faturamento, alterando deliberadamente os dados registrados. E por fim, o ataque intencional, a qual indivíduos que possuem conhecimento prévio da topologia da rede. Visando a segurança, há etapas para um plano de contenção de ataque a rede, ou seja, um plano de detecção e sinalização no ataque, podendo facilitar na recuperação ou recuperação do serviço ou informação adjacente (NETO, 2013). A figura 7 mostra um plano de resposta a incidentes.

Figura 5 – Plano de resposta a incidentes



Fonte: Autor, 2024.

### **3. METODOLOGIA**

Esse artigo se refere a uma pesquisa bibliográfica que tem como analisar e estudar os principais protocolos de comunicação utilizados na rede elétrica em analisar o desempenho, segurança e eficiência de diferentes protocolos de comunicação na integração dos sistemas Smart Grid e avaliar os protocolos selecionados em termos de sua aplicabilidade e capacidade de suportar requisitos específicos da rede elétrica inteligente.

Dessa forma, é considerado uma revisão bibliográfica descritiva de pesquisas literárias de engenharia. Para o embasamento foram utilizados artigos de pós-graduação, parâmetros normativos internacionais e livros de engenharia.

Como base nesses conhecimentos que foram adquiridos por meio de contextualização do tema, foram feitas análises e investigações dos métodos para a aplicação do sistema smart grid com base nos protocolos de redes existentes, que por sua vez mostra-se uma abordagem qualitativa mostrando a eficiência e os benefícios na implantação do smart grid em redes elétricas.

### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Nesse capítulo será abordado o entendimento através das pesquisas realizadas durante todo o trabalho realizado.

Ao abordar o tema de redes inteligentes foi prevista a análise e pesquisa de teses, dissertações, livros e normas, que por sua vez, mostrou a eficiência e benefícios a integração da smart grid em redes elétricas.

Smart grid vem do inglês redes inteligentes, ou seja, e a capacidade de comunicação entre dois ou mais dispositivos. Como foi abordado nas pesquisas, para implementação das redes inteligentes nas redes tradicionais requer uma grande análise e estudos sobre as comunicações existentes, ou melhor, os protocolos de redes. Viu-se que, existe vários protocolos de redes que se pode usar para a integração de uma rede tradicional a um sistema de smart grid, visto que a este termo nada mais é que a intercomunicação entre dois ou mais canais (Figura 01). Sabe-se que para a implantação deste tipo de rede é necessário o conhecimento dos padrões de protocolos de comunicação, sendo alguns dos principais o ZigBee, IEEE 802.15.4, Wi-fi e bluetooth. Cada protocolo possui sua característica e aplicação dada ao tipo de implantação esta sendo aplicado, alguns possuem baixo alcance e

outros um melhor desempenho a longas distâncias.

**Tabela 1- Protocolos de Comunicação**

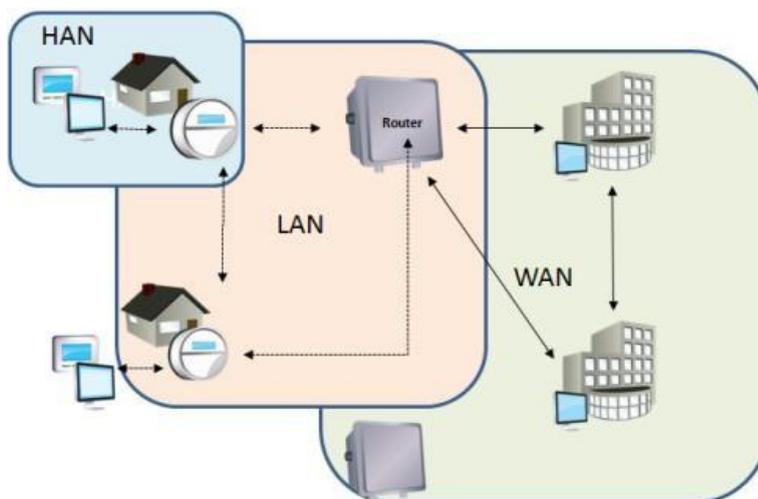
	<b>ZigBee/ 802.15.4</b>	<b>Bluetooth</b>	<b>Wi-fi</b>
<b>Aplicação</b>	Monitoramento e controle de	Substituição de Cabos	Web, Vídeo, Email
<b>Recurso do Sistema</b>	4KB-32KB	250KB	1MB+
<b>Nós por Rede</b>	255/65K+	7	30
<b>Taxa de Transmissão</b>	20-250Kbps	720Kbps	11000+Kbps
<b>Alcance(m)</b>	Até 75+	Até 10+	Até 100

Fonte: Adaptação GTA/UFRJ, 2019

O padrão ZigBee e o padrão IEEE 802.15.4 são semelhantes entre si, como observado na tabela 01, esses padrões são normalmente usados para controle e monitoramento de rede, sendo de baixo custo e baixo alcance. Padrões como bluetooth e wi-fi são mais conhecidos por sua sua flexibilidade e um maior alcance em comparação com os padrões anteriores, isso se dá por ter mais recurso de sistema e taxa de transmissão que o Zigbee e 802.15.4.

Sabe-se que a internet das coisas foi algo de grande impacto para o mundo, pois foi a parti desse conceito, novos ramos se desenvolveram em grande escala. Um dos pontos abordados dessa pesquisa foi o entendimento das redes HAN, LAN E WAN, que são a base da comunicação sem fio entre equipamentos, sejam industriais ou de uso pessoal. A figura 8 mostra aplicação das redes conforme o recurso do sistema de cada rede.

**Figura 6 – Aplicação das Redes**



Fonte: Powerprimer.wordpress, 2023

Como abordado, esse método de integração da rede tradicional com o sistema de smart grid gera um grande impacto quando o assunto distribuição da energia elétrica, pois ao implantar um sistema inteligente a rede diagnósticos e previsões de falhas são rapidamente tratadas e contornadas. Os sistemas bi- direcionais são ótimos para controle e monitoramento de redes e equipamentos como por exemplo aplicação em energia solar, medidores em meio industriais, granulometria, entre outros.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo do estudo é compreender o conceito de smart grid dentro dos protocolos de comunicação sem fio HANs, com o entendimento dos padrões zigbee, 802.15.4, bluetooth e wi-fi. As redes tradicionais possuem inúmeras contingências, as quais o sistema de intercomunicação pode ajudar e facilitar a tratativa dessas contingências, pois ao integrarmos o sistema smart grid as redes tradicionais o diagnóstico da rede se torna mais rápido e eficiente.

Dessa forma, possíveis problemas são facilmente detectados pela rede de informação em tempo real, que proporciona maior eficiência do diagnóstico e tratamento. Por fim, o sistema de redes inteligentes se mostra um grande aliado para combater as possíveis falhas do sistema atual, tendo que, possui uma tecnologia de troca de informação em tempo real que possibilita reparos rápidos e mais eficientes.

Contudo, a pesquisa realizada se mostrou um enorme conceito a ser explorado para a modernização do sistema de distribuição de energia, pois o sistema tradicional está cada vez mais demandado, e esse aumento podendo ser necessário a implantações de novos métodos que ajudem e facilitem a manutenção e controle em questão de geração e distribuição, e até mesmo a comunicação geral.

## 6. REFERÊNCIAS

- Amaro, N., Pina, J. M., Martins, J., & Ceballos, J. M. **SUPERCONDUCTING MAGNETIC ENERGY STORAGE: A Technological Contribute to Smart Grid Concept Implementation**. University of Extremadura, Badajoz, Spain, 2012.
- AMIN, M. S.; WOLLENBERG. **Toward a smart grid**. *IEEE power & energy magazine*, v. III, n. 5, p. 34 - 41, 2005.
- ARAUJO, Eduardo Fernando dos Santos. **Redes IEEE 802.15.4**. 2017.
- BAIMEL, D., TAPUCHI, S., & BAIMEL, N. (s.d.). **Tecnologias de comunicação de redes inteligentes**. Israel, 2016

- DRANKA, G.G., & FERREIRA, P. **Towards a Smart Grid Power System in Brazil: Challenges and Opportunities**. University of Minho, Guimarães, Portugal, 2020.
- FALCÃO, D. M. **Integração de Tecnologias para Viabilização da Smart Grid**. In: III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, Belém. SBSE, v. 1, p.1-5, 2010.
- KESHAV, S.; ROSENBERG, C. How internet concepts and technologies can help green and smarten the electrical grid. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, 41(1):109–114, 2012.
- MANGANELLI, Jean Marin. **Tecnologias de Redes Sem Fio para Smart Grids**. Monografia. Curitiba, 2014.
- MELO, Pablo. Padrão IEEE 802.15.4 – **A base para as especificações Zigbee, WirelessHart e MiWi**, 2017.
- MORAIS, Izabelly Soares de; GONÇALVES, Priscila de F.; LEDUR, Cleverson L.; et al. **Introdução a Big Data e Internet das Coisas (IoT)**, 2018.
- NETO, José Roberto Paim; BIANCHINI, David. **Segurança da Informação em Redes Inteligentes ou “Smart Grid”**, 2022.
- POTTER, C.; ARCHAMBAULT, A.; WESTRICK, K. **Building a smarter smart grid through better renewable energy information**. In: POWER SYSTEMS CONFERENCE AND EXPOSITION, p. 1-5., 2009.
- RAMOS, Jadeilson de Santana B. **Instrumentação Eletrônica sem Fio - Transmitindo Dados com Módulos XBee ZigBee e PIC16F877A**, 2012.
- SACOMANO, José B.; GONÇALVES, Rodrigo F.; BONILLA, Sílvia H. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. Editora Blucher, 2018.
- SANTOS, A. C.; CANATO, R. **Leandro C. Smart Grid: desafios em segurança**. *Prospectus*, v. 2, n. 1, 2020.
- WADE, World Alliance for Thai Decentralised Energy Association. **Handbook on smart/intelligent grid systems development and deployment**, 2013.
- ZIGBEE. **Logotipo do protocolo ZigBee**. Copyright© Zigbee, 2018.

# PROJETO DE SOFTWARE PARA CALIBRAÇÃO DO ANALISADOR DE GASES GM-5000

Alain Patrick Garcia Fernandes<sup>1</sup>,  
André Luiz Esquincaha Vieira Garcia <sup>1</sup>,  
Pedro Antonio Fassarella Marino<sup>1</sup>,  
Alexandre Adler Cunha de Freitas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discentes do Curso de Engenharia da Computação do Centro Universitário Multivix Vitória

<sup>2</sup>Mestre, Docente do Centro Universitário Multivix Vitória

## RESUMO

A calibração atua no processo de ajuste e verificação da precisão de instrumentos de medição, garantindo assim maior assertividade e confiabilidade, gerando resultados de altos padrões. Uma interface intuitiva é crucial para a interação usuário-máquina, permitindo um controle fácil e acessível de sistemas complexos. Juntas, essas áreas colaboram para otimizar processos industriais e de pesquisa, garantindo qualidade e inovação. O presente artigo apresenta o desenvolvimento de software que fará a calibração do equipamento analisador de gases GM-5000. Logo, a metodologia aplicada foi a coleta de dados de monitoramento de um equipamento analisador de gases atmosféricos fornecidos por uma empresa no ramo de monitoramento ambiental, sendo feito dois testes com o mesmo período de amostragem. Como resultado, ele foi capaz de calcular os coeficientes necessários para cada gás, proporcionando um meio de análise prévia do comportamento desses coeficientes aplicando-os aos dados existentes e inserção destes no próprio equipamento GM-5000.

## PALAVRAS-CHAVE

Software; Analisador de Gases; GM-5000; Calibração; Automação.

## ABSTRACT

Calibration plays a critical role in adjusting and verifying the accuracy of measurement instruments, ensuring greater precision and reliability, and generating high-standard results. An intuitive interface is essential for user-machine interaction, allowing for easy and accessible control of complex systems. Together, these areas contribute to optimizing industrial and research processes, ensuring quality and innovation. This article presents the development of software for calibrating the GM-5000 gas analyzer. The methodology involved data collection from an atmospheric gas analyzer provided by an environmental monitoring company, conducting two tests with the same sampling period. As a result, the software was able to calculate the necessary coefficients for each gas, offering a means of preliminary analysis of these coefficients' behavior by applying them to existing data and uploading them directly to the GM-5000 equipment.

## KEYWORDS

Software; Gas Analyzer; GM-5000; Calibration; Automation.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial, bem como o urbano, tem causado um aumento contínuo da emissão de poluentes atmosféricos em todo o mundo. A poluição do ar, devido às características de circulação atmosférica e à persistência prolongada de certos poluentes na atmosfera, possui um caráter transfronteiriço e é responsável por transformações em escala global, exigindo a cooperação internacional para enfrentar esse desafio (LEAL, *et. al.*, 2008). Diante disso, a monitorização da qualidade do ar é fundamental, pois possibilita a medição das concentrações de

substâncias poluentes na atmosfera, a coleta de dados sobre as condições atuais de qualidade do ar, o estabelecimento de um histórico e a capacitação dos responsáveis pela tomada de decisões para planejar medidas e políticas que garantam a preservação de uma boa qualidade do ar (VORMITTAG *et. al.*, 2021).

Assim, para realizar a monitorização da qualidade do ar, é indispensável utilizar equipamentos específicos de medição, tais como sensores de gases, aparelhos de medição de umidade e temperatura, medidores de partículas, entre outros. A seleção das tecnologias de monitorização deve considerar não apenas os requisitos legais, mas também os recursos necessários para adquirir, operar e manter os equipamentos. Assim como em qualquer dispositivo de medição, a confiabilidade dos resultados obtidos depende da sensibilidade e precisão dos equipamentos utilizados (TEIXEIRA *et. al.*, 2019).

Ademais, entre os dispositivos mais utilizados estão os aparelhos de análise de gases, desenvolvidos para monitorar e controlar a qualidade dos processos, assim como para verificar a presença de substâncias poluentes. Os analisadores de gases são instrumentos amplamente empregados para mensurar concentrações de gases específicos devido à sua relativa simplicidade e facilidade de manuseio. Normalmente, eles medem múltiplos compostos simultaneamente, e a tendência desses dispositivos é a redução de tamanho, portabilidade e custos mais baixos (GUIMARÃES, 2016).

Com base nessas premissas, a utilização de um software para a calibração automatizada do analisador de gases tem o potencial de tornar a tarefa de calibração mais segura e precisa. Este artigo, portanto, pretende desenvolver um software que poderá ser integrado com o analisador de gases GM-5000, capaz de calcular os parâmetros necessários para cada gás e a inserção destes no próprio equipamento.

O GM-5000 é um analisador de gases completo para monitoramento de poluição atmosférica, projetado para fornecer medições contínuas de poluentes, incluindo Ozônio (O<sub>3</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>), Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>) e Material Particulado em suspensão (THERMO FISHER SCIENTIFIC, 2020).

Logo, é esperado que o *software* desenvolvido realize todos os procedimentos passíveis de erro humano, desde os cálculos à entrada dos parâmetros calculados

na interface do usuário. Este artigo pode representar um avanço significativo na área, simplificando e aprimorando os procedimentos de calibração.

## **1. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **1.1 Qualidade do Ar e Poluição Atmosférica**

A atmosfera da Terra é dividida em troposfera, tropopausa, estratosfera, mesosfera, ionosfera, exosfera e termosfera. Dentre essas camadas, a troposfera é a região mais baixa da atmosfera terrestre, alcançando aproximadamente até 17 km de altitude. É na troposfera que acontecem praticamente todos os processos relacionados aos fenômenos meteorológicos e às mudanças climáticas (PINTO JUNIOR, 2022).

De acordo com Jacobson (2010) o ar é considerado poluído quando possui elementos contaminantes ou substâncias poluentes em sua composição, sejam eles gases, partículas sólidas ou compostos orgânicos voláteis, que afetem a saúde e o bem-estar humano, ou causem impactos prejudiciais ao meio ambiente.

Existem diversas fontes naturais de poluição atmosférica, como erupções vulcânicas, incêndios florestais, transporte de poeira pelo vento e emissões de gases naturais. No entanto, são as fontes humanas de poluição que liberam poluentes em concentrações elevadas e levantam preocupações devido aos seus potenciais impactos na saúde (BRASIL, 2022).

### **1.2 Medidas de Controle e Equipamentos de Medição**

Segundo Kawano (2001), devido à crescente conscientização ambiental, surgiu a necessidade de avaliar os efeitos reais e potenciais decorrentes da poluição do meio ambiente. Cujas avaliações podem ser conduzidas tanto no processo de emissão quanto no de dispersão de poluentes, ou seja, é possível quantificar tanto os poluentes liberados na atmosfera como aqueles que estão presentes no ar.

Conforme Álvares Júnior, Lacava e Fernandes (2002), a avaliação da qualidade do ar inclui medir a qualidade do ar ambiente, identificar as principais fontes de poluição, analisar padrões, estimar a poluição em áreas não monitoradas e até mesmo prever os efeitos da poluição de fontes ainda não implantadas. Além disso, os pesquisadores afirmam que três ferramentas principais são utilizadas para avaliar a qualidade do ar: monitoramento da qualidade do ar ambiente, modelagem da qualidade do ar e inventário de emissões.

Assim, a poluição do ar é monitorada hoje em dia em grandes centros urbanos

por meio de redes de estações de medição estáticas. Os índices de poluentes atmosféricos são medidos com precisão nessas estações. (HASENFRATZ, *et. al.*, 2014).

Os dispositivos de monitoramento empregados nessas estações devem ser capazes de assegurar que os dados produzidos atendam aos propósitos do monitoramento, especialmente para permitir a comparação com os regulamentos legais de qualidade do ar. Atualmente, os dispositivos utilizados para medir a poluição atmosférica podem ser categorizados em quatro tipos distintos como amostradores passivos e ativos, analisadores automáticos e sensores remotos, cada um dependendo da abordagem metodológica utilizada (ÁLVARES JUNIOR; LACAVA; FERNANDES, 2002).

### **1.3A Importância da Calibração**

A calibração é um conjunto de processos que relacionam os valores indicados por um dispositivo de medição aos valores estabelecidos por um padrão de referência. É um procedimento importante para estabelecer a precisão e a confiabilidade das medições em circunstâncias específicas (INMETRO, 2012, p.38). Assim, a calibração de um analisador é um processo que garante a rastreabilidade das medições comparando os valores mostrados no equipamento com um material de referência certificado (MRC) ou gás de referência. (INMETRO, 2015, p.5).

De acordo com a NR-33 (2013) a calibração de um analisador de gás deve ocorrer em duas etapas, sendo a 1ª etapa que é validar a correlação entre os valores e as imprecisões de medição fornecidos por referências e os registros correspondentes com as imprecisões associadas e a 2ª etapa que é utilizar essa informação para estabelecer uma correlação, com o objetivo de obter um resultado de medição com base em uma indicação.

Assim, o resultado de uma calibração correta nos permite estabelecer valores confiáveis para as grandezas mensuradas e determinar as correções necessárias. No caso dos analisadores de gases, a calibração é essencial para garantir a confiabilidade nos dados coletados e assegurar a qualidade do produto (IVO, KUBICA, 2009).

#### **1.4 Regressão Linear Múltipla (RLM)**

De acordo com Hoffmann (2016), o modelo de RLM é uma técnica econométrica utilizada para analisar a relação entre uma variável dependente e duas ou mais variáveis independentes.

Destaca-se que o método de regressão é um relevante meio de investigação de condições econômicas globais, locais e regionais, pois possibilita associar variáveis, mensurar seus impactos e examinar as suposições teóricas que fundamentam os fenômenos analisados (SANTANA, 2003).

Logo, utilizando o modelo geral do RLM, envolvendo variáveis explicativas que podem variar no tempo, a equação utilizada para o cálculo dos fatores é apresentada em seguida:  $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \dots + \beta_n X_{nt} + \varepsilon_t$  (1).

Segundo Santana (2003) e Hoffmann (2016) as variáveis da equação acima mencionada são descritas da seguinte forma:  $Y_t$  refere-se a variável dependente;  $X_{1t}, \dots, X_{nt}$  são variáveis independentes ou explicativas;  $\varepsilon_t$  trata-se de termo de erro aleatório;  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$  são os coeficientes parciais ou parâmetros de regressão múltipla a serem estimados, em que  $\beta_0$  é o intercepto e os demais  $\beta_1 \dots, \beta_n$  são as inclinações.

#### **1.5 Relevância da Tecnologia da Informação para Automação Industrial**

A automação é um conceito e um conjunto de metodologias por meio das quais são desenvolvidos sistemas capazes de operar com alta eficiência com base em informações recebidas do ambiente em que atuam. (MORAES E CASTRUCCI, 2007).

Nessa perspectiva, podemos dizer que automatizar processos consiste em racionalizar e aprimorar as atividades que geram os resultados de uma organização, sendo o principal objetivo agilizar a produção, reduzindo o trabalho e o tempo necessário para sua execução, diminuindo custos e substituindo tarefas manuais por softwares, um sistema automatizado, ocorrem menos falhas ou, quando ocorrem, são corrigidas com maior facilidade (ROIG, 2017).

## 1.6 Linguagem C#

Segundo Archer (2002) A linguagem de programação C# apresenta novas características inovadoras que foram adicionadas ao C e C++, tornando-a mais fácil de usar. Algumas tarefas, como o monitoramento e a alocação de memória, agora são gerenciadas pela própria linguagem, o que economiza tempo de programação.

Além disso, foram incluídas outras características, como a definição de que todos os elementos são objetos. Isso preenche uma lacuna entre os tipos de valores e os tipos de referência. A definição dos elementos como objetos permite o uso de atributos, que fornecem informações sobre os componentes, e também oferecem facilidade na manipulação de propriedades e métodos, por exemplo, facilitando incrementar um número (ARCHER,2002).

Diante das características mencionadas o C# é uma linguagem moderna e de fácil aprendizado, que possui uma arquitetura bem estruturada e poderosa. Além disso, oferece acesso a inúmeros recursos e bibliotecas, o que possibilita sua versatilidade para ser utilizada em diversas áreas (NAKOV et. al, 2013).

### 1.6.1 Math.NET

Para realizar o cálculo da calibração utilizando um modelo matemático, a plataforma .NET dispõe de uma biblioteca numérica de código aberto chamada Math.NET Numerics, da qual tem como objetivo fornecer métodos e algoritmos para cálculos numéricos em ciência, engenharia e uso cotidiano. E os tópicos abrangidos pela biblioteca incluem funções especiais, álgebra linear, modelos de probabilidade, números aleatórios, interpolação, transformadas integrais e muito mais (MATH.NET, 2013).

Em referido *framework* contém uma função da classe *MultipleRegression* chamada de *QR* que realiza uma decomposição explícita, proporcionando uma maior precisão. Em seguida, na Figura 1, é demonstrado a utilização desta função no código.

Figura 1 – Demonstração da função do cálculo da RLM

```
var Corrected = MultipleRegression.QR(factors, predictor, intercept: true);
```

Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com Math.Net (2013) e demonstração da função do cálculo do RLM acima mencionada temos as seguintes propriedades: **Corrected** do qual o resultado dessa função inclui os valores de Intercepto, Var1, Var2 e Var3; **Factors**, que são os valores de cada amostra do gás respectivo a ser calibrado para um intervalo de tempo específico; **Predictor** que são os valores de referência do gás a ser calibrado, umidade relativa e temperatura para um intervalo de tempo específico; **Intercept** que recebe um valor booleano, Verdadeiro ou Falso, para determinar se a função deve retornar o valor do intercepto.

### 1.6.2 *WebView2*

O *WebView2* é uma biblioteca de código-fonte aberto, disponibilizada pela Microsoft, ela possibilita a implementação de conteúdo Web (HTML, CSS e JavaScript) dentro de aplicativos *desktop*. O *WebView2* é possível acessar e interagir com páginas da Web dentro de uma aplicação nativa, proporcionando uma interação dinâmica quando necessário (MICROSOFT, 2024).

O *WebView2* é compatível com várias linguagens de programação, sendo elas C++, JavaScript e C#. Isso facilita o desenvolvimento de aplicações em diferentes plataformas. Ele possibilita a execução de scripts e a manipulação de DOM que é uma interface que alguns navegadores utilizam para configurar páginas da web, isso permite uma versatilidade similar ao desenvolvimento web padrão, porém dentro de um ambiente de *software desktop* (MICROSOFT, 2024).

## 2. METODOLOGIA

De acordo com Cervo e Bervian (1983, p.249) “para se alcançar resultados científicos, devem-se seguir processos metodológicos”. Logo, para a realização da pesquisa metodológica foram utilizados alguns conceitos que serviram de base para o desenvolvimento e conclusão deste artigo. Assim, foram seguidos os critérios de classificação de Marconi e Lakatos (2001) e Gil (2019) quanto a sua natureza, fins e meios.

Nesse sentido, os dados desse artigo foram obtidos por meio de pesquisa bibliográfica e documental na internet, com natureza aplicada e exploratória que considerou artigos científicos que abrangem estudos dos equipamentos de análise de gases e de como são realizados os métodos de calibração dos parâmetros necessários no procedimento. As palavras-chave utilizadas nas pesquisas foram:

*analisador de gases GM-5000, métodos de calibração, software de calibração, calibração por regressão linear, automatização da calibração.*

Logo, objetivando a aplicação do software para calibração do analisador de gases GM-5000 e a análise da eficiência de medições, considerando a calibração em questão, onde foram utilizados os dados de monitoramento de um equipamento analisador de gases atmosféricos fornecidos por uma empresa no ramo de monitoramento ambiental, bem como foi aplicado teste prático do *software*.

## **2.1 Método de calibração utilizada**

A metodologia da calibração utilizada foi estudada a partir do manual do equipamento GM-5000. O levantamento desse processo mostrou de forma detalhada o funcionamento da rotina de calibração do equipamento, destacando todas as etapas que podem ser automatizadas no processo.

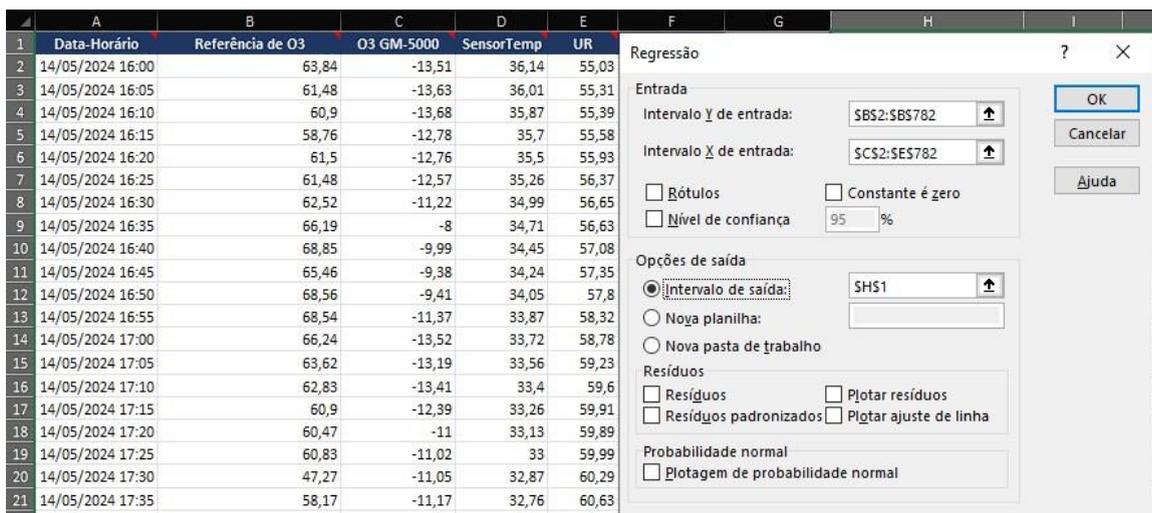
Assim, um dos métodos utilizados para a calibração do equipamento utilizado neste estudo é conhecido como “Calibração por colocação”. Conforme descrito no manual de referência, esse método envolve a coleta simultânea de dados utilizando o GM- 5000 e um dispositivo de referência (GM-5000 calibrado) conhecido ao longo de um período de tempo, denominado período de aprendizado.

Diante disso, após a conclusão desse período, os dados registrados são utilizados para elaborar um modelo matemático que representa a relação entre as leituras dos sensores e as concentrações reais, determinadas pelos instrumentos de referência. Idealmente, os dados coletados durante o período de aprendizado incluem diversas variações nos níveis de poluição, temperatura e umidade, a fim de incorporar o impacto das condições de amostragem na análise.

Após validar e organizar os dados do GM-5000 e o equipamento de referência (GM-5000 calibrado), os fatores que deverão ser inseridos no GM-5000 para que seja calibrado podem ser calculados usando a função de análise de regressão linear múltipla (RLM). Essa regressão é calculada a partir do dado de concentração de gás proveniente do analisador de referência, essa concentração é a variável dependente e como variáveis independentes serão utilizados os dados de concentração de gás, temperatura e umidade relativa do analisador que será calibrado. Esse cálculo é feito por meio do Excel, como são dois equipamentos os dados dos dois devem ser limpos e organizados de uma forma específica e serão

juntados em um único arquivo em excel, após a organização de dados o operador deverá utilizar a função de regressão que é disponibilizada pela “Ferramenta de Análise de dados” do excel, com essa ferramentas deverá selecionar o período dos dados na tabela referente a cada componente (Figura 2).

Figura 2 – Organização dos dados no Excel e obtenção dos fatores de calibração



Fonte: Elaborado pelos autores

Após essa configuração, o Excel fornecerá todos os fatores necessários, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Coeficientes de O3 para calibração

	H	I	J	K	L	M	N	O	P
RESUMO DOS RESULTADOS									
<i>Estadística de regressão</i>									
R múltiplo		0,86116384							
R-Quadrado		0,741603159							
R-quadrado ajustado		0,740605488							
Erro padrão		6,601835856							
Observações		781							
ANOVA									
		gl	SQ	MQ	F	F de significação			
Regressão		3	97192,96575	32397,65525	743,3342	9,0454E-228			
Resíduo		777	33864,9519	43,58423667					
Total		780	131057,9176						
		<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção		18,51272259	14,5464013	1,27266684	0,203517	-10,04218001	47,06762518	-10,04218001	47,06762518
Variável X 1		1,094880327	0,052063728	21,02961832	4,55E-78	0,992678095	1,197082559	0,992678095	1,197082559
Variável X 2		2,454903805	0,250916566	9,783745446	2,14E-21	1,962349122	2,947458488	1,962349122	2,947458488
Variável X 3		-0,585249046	0,110600904	-5,29153942	1,58E-07	-0,80236103	-0,368137061	-0,80236103	-0,368137061

Fonte: Elaborado pelos autores

Após a obtenção dos coeficientes, foi realizado um cálculo de correção com os dados que já foram adquiridos do GM-5000. Logo, para gerar esse conjunto de dados corrigidos, serão utilizados os dados originais (descalibrados) do GM-5000 junto com o *Intercept* e os coeficientes *VAR1*, *VAR2* e *VAR3*, para assim gerar uma nova coluna de dados que deve se aproximar das informações de referência originais, a fórmula em questão é apresentada na Figura 4.

**Figura 4 – Demonstração da função do cálculo da RLM**

$$\text{Corrected} = \text{Intercept} + (\text{Var}_1 \times \text{Actuals}) + (\text{Var}_2 \times \text{Temperature}) + (\text{Var}_3 \times \text{RH})$$

Fonte: THERMO FISHER SCIENTIFIC. GM-5000 Instruction Manual: Air Quality Monitor. (2020, 174p)

Segundo Thermo Fisher Scientific (2020) e demonstração da função do cálculo do RLM acima mencionada temos as seguintes propriedades: **Corrected** que seria o valor de saída corrigido do gás; **Intercept** que é o gerado pelo resultado da RLM; **Actuals** são os valores de cada amostra do gás que está a ser calibrado; **Temperature** corresponde ao valor de temperatura de cada amostra do gás a ser calibrado; **RH** representa o valor de umidade relativa de cada amostra do gás a ser calibrado; E por fim **Var\_1**, **Var\_2**, **Var\_3** são os coeficientes gerados pelo resultado da RLM, sendo eles relacionados a Concentração do gás, Temperatura e Umidade relativa respectivamente.

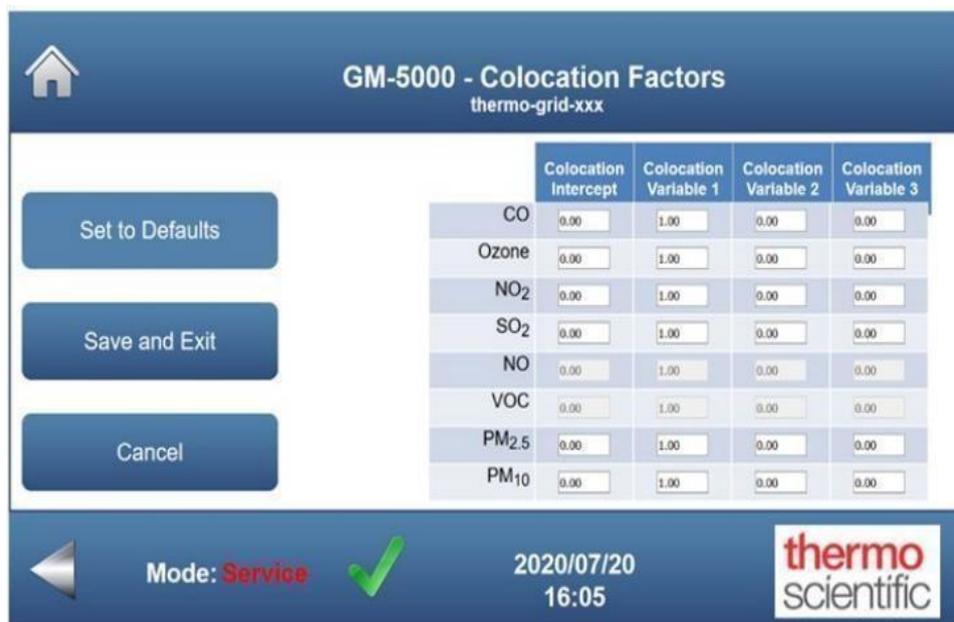
As variáveis corrigidas (**Corrected**) permitem visualizar o comportamento dos dados ao implementar os coeficientes (**Var\_1**, **Var\_2**, **Var\_3**) através da fórmula acima (Figura 4), assim podemos comparar a correção em relação aos dados de referência. Essa etapa é importante, uma vez que proporcionará um retorno da precisão da calibração antes da aplicação dos fatores identificados no equipamento. Assim, conforme ilustrado na Figura 5, por meio de um gráfico podemos demonstrar essa correção, onde a linha azul representa o valor do gás de referência utilizado na calibração, enquanto a linha vermelha representa os valores corrigidos.

**Figura 5 – Gráfico de comparação referência x calibrado**



Fonte: Elaborado pelos autores

Após obter o intercept e os coeficientes, o operador deverá acessar a interface de usuário, conforme ilustrada na Figura 6 no navegador web do computador. Logo em seguida, o equipamento fornecerá uma rede Wi-Fi no qual o operador deverá conectar, e para acessar a interface, o IP do GM-5000 (Visto pelo WI-FI) deverá ser colocado no endereço URL no navegador acessando a tela de calibração, é permitido ao usuário calibrar os sensores de qualidade do ar, em seguida, na tela de fatores de colocação, devem ser inseridos os valores de *intercept* e coeficientes já obtidos.

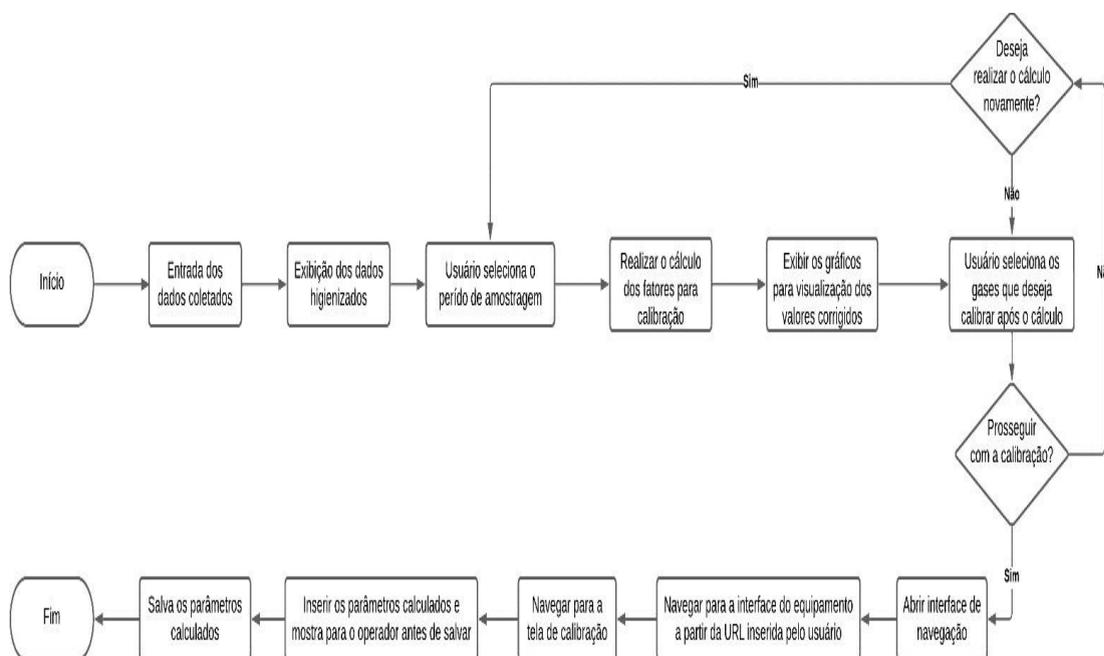


**Figura 6 – Interface do GM-5000 para inserção dos fatores de colocação para calibração**  
Fonte: THERMO FISHER SCIENTIFIC. GM-5000 Instruction Manual: Air Quality Monitor. (2020, 174p)

### 3. DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

O desenvolvimento de um software para calibração de analisadores de gases requer precisão, eficiência e uma interface amigável para o usuário, logo para atender a esses requisitos optamos por utilizar a linguagem de programação C#, dentro da plataforma .NET da Microsoft, e a arquitetura *Model-View-Controller* (MVC). A arquitetura MVC é conhecida por sua capacidade de separar as preocupações da aplicação, facilitando a manutenção e a escalabilidade do software. A seguir, na Figura 7 é demonstrado o fluxograma de processamento do sistema desenvolvido para a automatização do processo.

Figura 7 - Fluxograma de processamento do software



Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com o fluxograma apresentado na figura acima, o *software*, logo no início, receberá os valores das amostras coletadas pelo analisador de um banco de dados previamente enriquecido. A conexão com o banco de dados poderá ser feita nas configurações do programa.

Após a inicialização, o sistema irá perguntar ao usuário ou esperar a entrada do parâmetro para determinar se será realizado o cálculo dos parâmetros para todos os gases configurados ou apenas um. Caso seja selecionada a opção de um único gás, o operador deverá escolher na lista, que contém todos os gases configurados previamente, o gás desejado. Em seguida, o programa irá solicitar ao usuário o

período de amostragem para o cálculo dos fatores de calibração.

Em seguida, o programa utiliza função QR da classe *MultiRegression* da biblioteca MATH.NET do C# para obter os parâmetros necessários na calibração do equipamento. Esses parâmetros são calculados com base nos valores de cada amostra do gás a ser corrigido, do gás de referência, da temperatura e da umidade relativa. Após o cálculo, os gráficos dos valores coletados de referência são corrigidos e serão exibidos, auxiliando na visualização e análise dos resultados.

O usuário tem a opção de prosseguir com a calibração ou não. Caso opte por não prosseguir, o software retornará à tela inicial, recarregando os dados.

Então, ao se conectar ao equipamento e prosseguir com o processo de calibração, o software abrirá o navegador e navegará até a tela de interface do GM-5000, utilizando o endereço de IP fornecido pelo manual (192.168.4.1).

Em seguida, o *software* irá acessar a tela de calibração e, posteriormente, a opção "fatores de colocação", onde serão inseridos os valores corrigidos. Esses valores serão calculados pela função QR descrita anteriormente e incluem o Intercept, Var1, Var2 e Var3.

A tarefa de manipulação do navegador é utilizado o *WebView2* como ferramenta responsável por automatizar os procedimentos que o usuário normalmente realiza manualmente e após a conclusão dessa tarefa o *software* irá inserir os dados nos campos necessários, e o operador deverá confirmar se tudo está correto e finalizar o procedimento salvando os coeficientes no equipamento.

Assim, a fim de garantir que os valores inseridos sejam consistentes e correspondam aos cálculos realizados manualmente, a validação dos dados calculados pelo *software* foi realizada por meio de um período de testes.

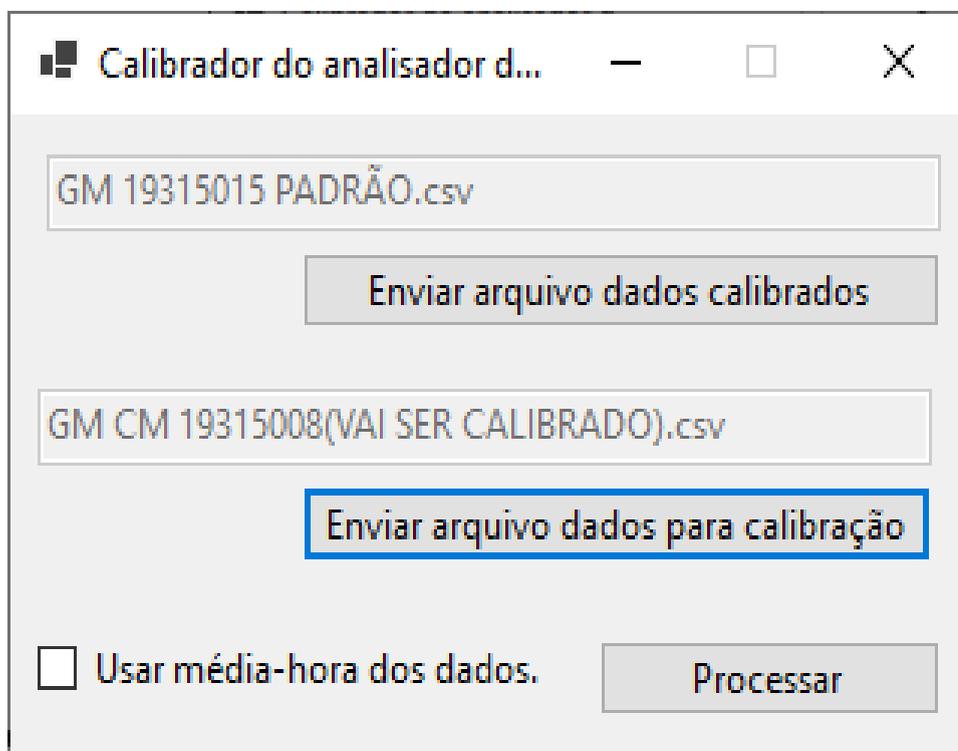
### **3.1 Funcionamento do Software**

Para a utilização correta do programa, foi elaborado um manual do usuário contendo todas as diretrizes necessárias para que os usuários conseguissem realizar o procedimento correto de uma calibração através do software de maneira independente.

O software possui em sua tela inicial conforme demonstrado na Figura 8, dois campos de envio de arquivos em CSV coletados diretamente dos instrumentos concedendo o envio de "dados calibrados" e "dados para serem calibrados" que permitem a higienização das informações levantadas do equipamento de referência,

bem como realizar a média-hora dos dados calculados para calibração, se preferirem.

**Figura 8 - Tela inicial do equipamento**



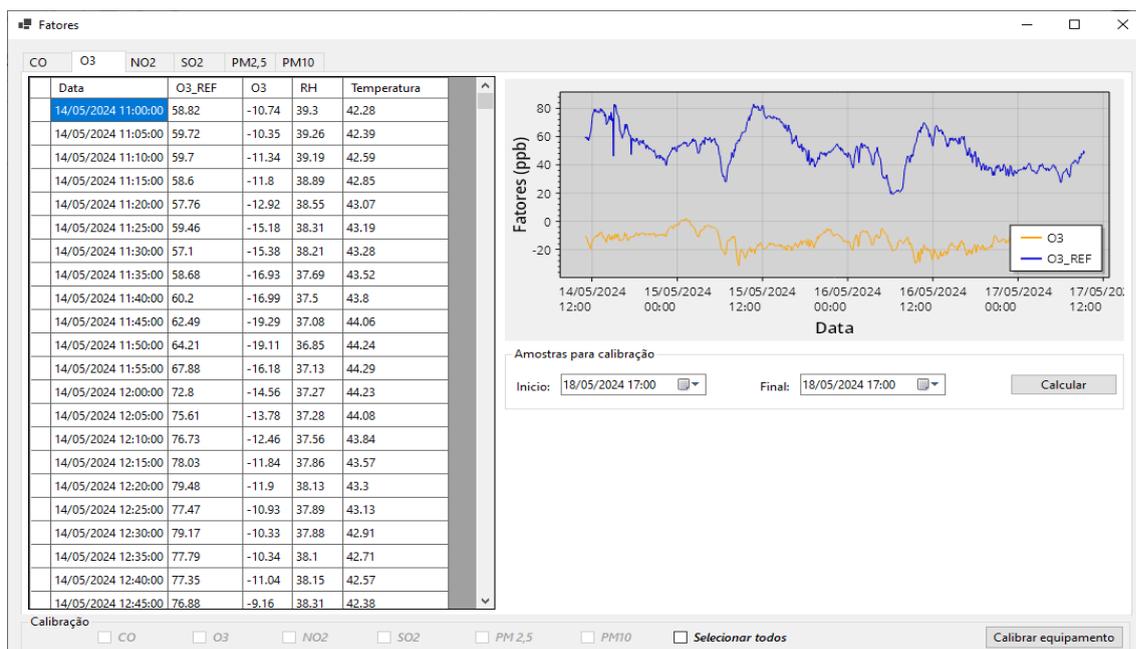
Fonte: Elaborado pelos autores

Assim, após a etapa inicial e escolhidos os arquivos, ao clicar em “Processar”, o software irá higienizar os dados dos gases e fatores analisados, sendo divididos cada um em uma aba contendo o nome destes.

Em cada aba do respectivo fator, será exibido uma tabela com os dados do gás coletados pelos equipamentos de referência e o para calibração, onde estes também serão apresentados em um gráfico ao lado, a umidade relativa e temperatura, além do horário que essa amostra foi coletada.

Conforme ilustrado na Figura 9, o usuário poderá escolher o intervalo que deseja utilizar para realização do cálculo que gerará os valores da colocação.

Figura 9 - Interface de exibição dos dados higienizados

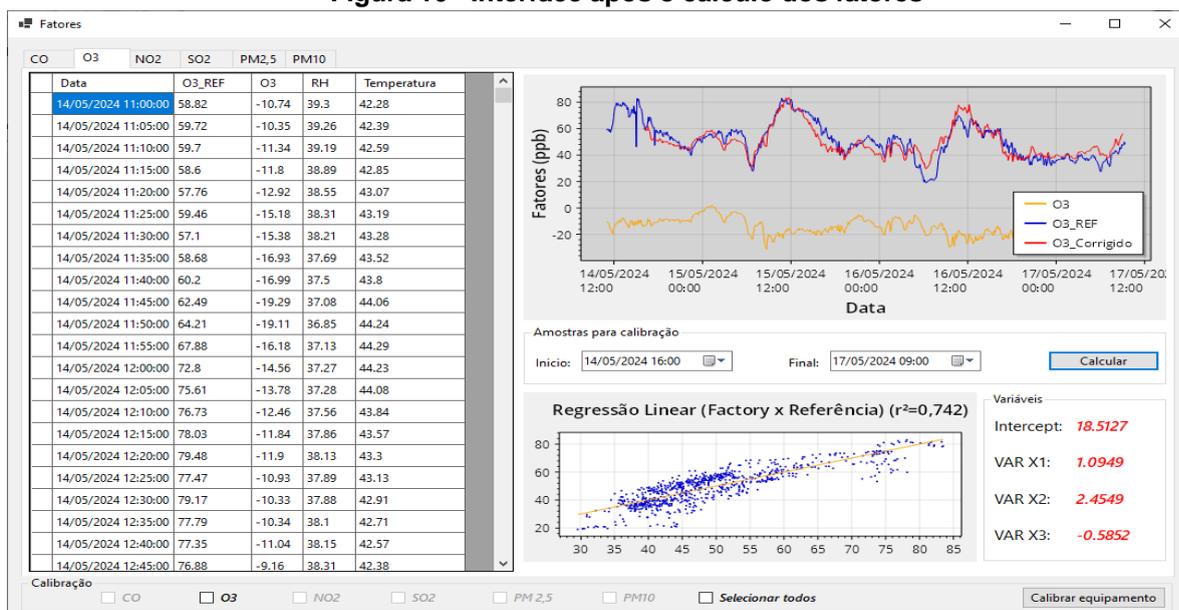


Fonte: Elaborado pelos autores

Como se pode observar na Figura 9, é possível a análise da evolução da coleta dos dados em um gráfico da concentração ao longo do tempo de amostragem. Essa visualização irá auxiliar o operador na seleção da faixa de amostras utilizadas no cálculo dos coeficientes da calibração, onde a linha azul representa o valor do gás de referência utilizado na calibração, enquanto a linha amarela representa os valores coletados pelo equipamento a ser calibrado.

Assim, após selecionar o intervalo de amostras desejada no cálculo e clicando em calibração, serão exibidos novos elementos na interface como observado na Figura 10 abaixo. No gráfico de evolução será exibido a curva em vermelho demonstrando os valores corrigidos, esses dados corrigidos são obtidos com a fórmula apresentada na Figura 4, a linha dos corrigidos aparecerá para que o operador possa verificar como os fatores obtidos vão interagir com os dados e se terão um comportamento semelhante aos dados de referência, antes de enviar os fatores para o equipamento. Abaixo das opções de seleção das amostras, será exibido o gráfico da regressão linear dos dados de referência e do calibrado a fim de aprimorar ainda mais a análise do operador para determinar se a aproximação está perto do desejado e, por fim, os coeficientes utilizados na colocação que determinaram a curva corrigida apresentada no gráfico de evolução.

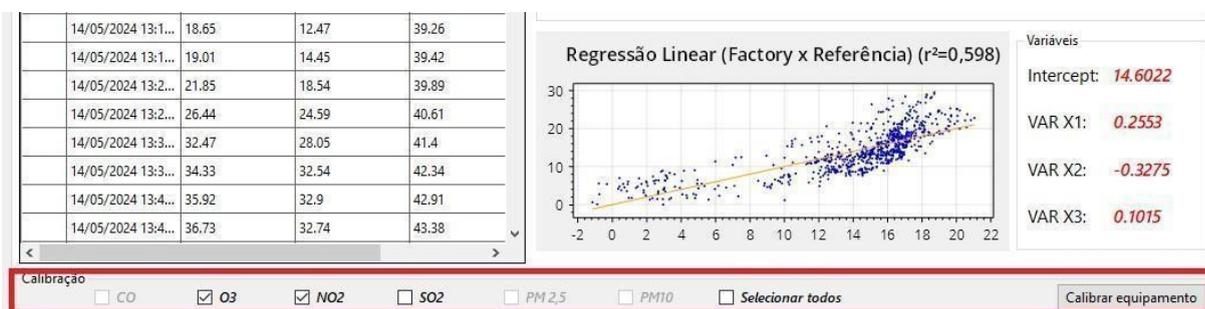
Figura 10 - Interface após o cálculo dos fatores



Fonte: Elaborado pelos autores

À medida que os fatores são calculados, as opções da calibração na parte de baixo da interface são liberadas para os respectivos gases. O operador pode então selecionar para quais gases deseja realizar a calibração marcando a respectiva opção, ou marcando a opção de selecionar todos e, assim, sendo feito a marcação para todos os parâmetros disponíveis. Uma vez selecionada as opções, o usuário deve clicar em “Calibrar equipamento” para prosseguir para a etapa final da calibração, onde os coeficientes calculados podem ser exportados para o equipamento. A área em destaque na Figura 11 abaixo ilustra a parte da interface responsável pelo procedimento descrito acima.

Figura 11 - Área para seleção e calibração dos fatores



Fonte: Elaborado pelos autores

Ao clicar em “Calibrar equipamento”, o programa irá mudar a tela para a visualização de um navegador simplificado, como pode ser observado na Figura 12, onde o operador deverá conectar ao Wi-Fi do equipamento, inserir a URL (IP) necessária para navegação para a tela de configuração do equipamento que será

calibrado e marcar a opção de “Meu dispositivo está conectado ao equipamento”. Realizada estas etapas o operador poderá finalmente clicar em Iniciar para dar início ao procedimento final da calibração, a inserção dos coeficientes Intercept, Var1, Var2 e Var3 de cada gás no equipamento.

**Figura 12 - Interface de navegação/integração ao equipamento**

	Colocation Intercept	Colocation Variable 1	Colocation Variable 2	Colocation Variable 3
CO	-1,0973	0,7856	0,0227	0,0118
Ozone	18,5127	1,0949	2,4549	-0,5852
NO <sub>2</sub>	14,6022	0,2553	-0,3275	0,1015
SO <sub>2</sub>	-22,9965	0,0725	0,4541	0,2270
NO	0,00	1,00	0,00	0,00
VOC	0,00	1,00	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub>	-34,6045	0,6603	0,7920	0,2465
PM <sub>delta</sub>	-170,870	0,3236	3,2905	1,1882

Fonte: Elaborado pelos autores

O Software irá inserir na interface do equipamento todos os coeficientes dos parâmetros selecionados anteriormente, o operador deverá conferir e em seguida aplicará manualmente esses coeficientes ao equipamento, clicando na opção “Save and Exit”, após isso o processo de calibração estará finalizado.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A realização desse trabalho foi feita sob a utilização de dados de monitoramento de um equipamento analisador de gases atmosféricos fornecidos por uma empresa no ramo de monitoramento ambiental.

Para validação do software foram conduzidos dois testes com o mesmo período de amostragem, o primeiro sendo a calibração de forma manual apresentada na seção 3.1, e o segundo teste foi a calibração utilizando o software conforme explicado na seção 4.1, todo o processo de teste realizado foram demonstradas nas seções mencionadas. Assim portanto, para fins de comparação podemos ver através da figura 3 e a figura 10 que os mesmos valores de coeficientes foram encontrados utilizando os dois métodos, isso mostra que o cálculo para a obtenção dos

coeficientes é o mesmo, a grande diferença entre os dois métodos é como eles proporcionam esses dados e a eficiência com que proporcionam para o usuário.

Os dados utilizados são correspondentes a 4 dias de monitoramento, com isso obtivemos uma boa margem para calibração. Esse teste comparativo foi realizado com o objetivo de comparar a eficiência e confiabilidade entre os dois métodos.

A principal diferença entre o método manual e a utilização do software é a eficiência do tempo de execução da calibração e confiabilidade dos resultados obtidos. No método manual o usuário precisa juntar os dois arquivos de dados em um só, fazer a limpeza dos dados inválidos, configurar manualmente cada intervalo de tempo da calibração, configurar os gráficos para uma análise prévia, obter os coeficientes com a função do excel e após isso inserir cada coeficiente um por um no equipamento, isso é um processo demorado e suscetível a erros, ainda mais se a calibração será feita em vários equipamentos diferentes.

Enquanto isso, a calibração pelo software se mostrou muito mais eficaz, fazendo a limpeza e organização dos dados automaticamente, proporcionando a obtenção dos coeficientes com poucas interações, entregando gráficos prontos para uma análise prévia do comportamento dos coeficientes, e possibilitando a inserção desses fatores automaticamente no equipamento, evitando falhas humanas.

Assim, realizando a calibração manual para um analisador, demora cerca de 20 a 30 minutos para organizar tudo, obter os fatores e inserir no equipamento, esse tempo varia pois depende da quantidade de parâmetros que serão calibrados no equipamento, enquanto com a utilização do software é possível realizar a calibração de todos os parâmetros em torno de 5 minutos ou até menos.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente artigo demonstrou que a automação de um processo manual de calibração proporciona uma maior eficiência de tempo e confiabilidade de medição, bem como os resultados obtidos mostram que o software desenvolvido atende aos objetivos propostos, oferecendo maior confiabilidade, eficiência e precisão comparada ao método manual.

Futuras pesquisas relacionadas a esse tema podem explorar a expansão desse sistema para outros tipos de analisadores que utilizam métodos de calibração diferentes, novas integrações podem ser feitas para análises preditivas e também em tempo real.

O contínuo uso de automações e tecnologias para o monitoramento ambiental contribuem significativamente para a saúde pública e a qualidade do meio ambiente, logo, este artigo enfatiza a importância dos avanços tecnológicos para a área ambiental, pois com eles os problemas ambientais serão estudados e tratados com maior eficácia, a calibração eficiente e confiável de analisadores de gases é um ponto crucial para resolução desses problemas, pois proporcionará aos profissionais da área maior assertividade em suas análises.

Assim, o desenvolvimento do software proposto representa uma grande contribuição para a área de monitoramento da qualidade do ar, cuja inovação poderá otimizar todo o processo de calibração e proporcionar maior confiabilidade dos dados que serão obtidos através do equipamento em questão.

A implementação do presente *software* em ambientes industriais poderá trazer grandes melhorias tanto em termos de eficiência de tempo e confiabilidade de monitoramento do equipamento quanto em termo de análises de dados, pois o mesmo proporciona um reaproveitamento do tempo do usuário que antes seria utilizado para um trabalho manual, para então focar em um artigo analítico.

## 6. REFERÊNCIAS

ÁLVARES JUNIOR, Olimpio de Melo; LACAVA, Carlos Ibsen Vianna; FERNANDES, Paulo Sérgio. **Emissões Atmosféricas**. Brasília: SENAI/DNI, 2002. 373p.

ARCHER, Tom. **Inside C#**. 1 ed. Washington: Microsoft Press. 2001. 800 p.

BRASIL. Instituto Nacional de Câncer. **Poluição do ar**: Conheça as principais fontes de poluição do ar, os efeitos à saúde e as medidas de controle. Brasília, Instituto Nacional do Câncer, 23 mai. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/poluente/poluicao-do-ar>. Acesso em: 08 jun. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **Guia Técnico da NR-33 (ano 2013)**. Brasília, 2013. Disponível em:

[https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-33\\_guia\\_tecnico\\_da\\_nr\\_33.pdf](https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-33_guia_tecnico_da_nr_33.pdf). Acesso em: 08 jun. 2023.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia Científica**: Para Uso dos Estudantes Universitários. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983. 249 p.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GUIMARÃES, Claudinei de Souza. **Controle e monitoramento de poluentes atmosféricos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

HASENFRATZ, D.; SAUKH, O.; WALSER, C.; HUEGLIN, C.; FIERZ, M.; ARN, T.;

BEUTEL, J.; THIELE, L.. *Deriving high-resolution urban air pollution maps using mobile sensor nodes*. **Pervasive and Mobile Computing**, v. 16, p. 268-285, janeiro 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2014.11.008>. Acesso em: 08 jun. 2023.

HOFFMANN, Rodolfo. **Análise de regressão: uma introdução à econometria [recurso eletrônico]**. 5. Ed. Piracicaba: O Autor, 2016. 393 p.

INMETRO. **Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012)**. Duque de Caxias, RJ : INMETRO, 2012. 94 p. Inclui índice. Traduzido de: International Vocabulary of Metrology: Basic and general concepts and associated terms – JCGM 200:2012. 3rd. ed. 2012. Traduzido por: grupo de trabalho luso-brasileiro ISBN: 978-85-86920-09-7. Disponível em: [http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim\\_2012.pdf](http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf). Acesso em: 07 jun. 2023.

INMETRO. **Rastreabilidade metrológica na acreditação de organismos de avaliação da conformidade e no reconhecimento da conformidade aos princípios das BPL**. Norma nº NIT-DICLA-030, rev. n 8, pag 1-12, jan 2015. Disponível em: [http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/pesquisa\\_link.asp?seq\\_tipo\\_documento=4&cod\\_uo\\_numeracao=00778&num\\_documento=030](http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/pesquisa_link.asp?seq_tipo_documento=4&cod_uo_numeracao=00778&num_documento=030). Acesso em: 06 jun. 2023.

IVO, Douglas; KUBICA, Ricardo. **A instrumentação analítica utilizada na obtenção da água purificada de fármacos: Foco na importância da calibração**. Astrazeneca do Brasil. 2009. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/54723294/A-instrumentacao-analitica-utilizada-na-obtencao-de-agua-purificada-para-producao-de-farmacos>. Acesso em: 05 jun. 2023.

JACOBSON, M. Z.; *Short-term effects of controlling fossil-fuel soot, biofuel soot and gases, and methane on climate, arctic ice, and air pollution health*. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 115, n. D14, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2009JD013795>. Acesso em: 08 jun. 2023.

KAWANO, Mauricy. **Apostila Poluição Atmosférica-Qualidade do Ar**. Revisão06. SENAI-CIC. Curitiba. 2001.

LEAL, Georla Cristina Souza de Gois; FARIAS, Maria Sallydelândia Sobral de; ARAUJO, Aline de Farias. O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. **Qualitas Revista Eletrônica**, Campina Grande, v. 1, n. 7, p. 1-11, 2008.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalho científico**. 6ª. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MATH.NET. **Math.NET**, © 2002 – 2023. Math.NET Numerics. Disponível em: <https://numerics.mathdotnet.com>. Acesso em: 10 jun. 2023.

MICROSOFT. 2024. **Introdução ao Microsoft Edge WebView2**. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/microsoft-edge/webview2/>. Acesso em: 15 jun. 2024.

MORAES, Cícero Couto de; CASTRUCCI, Plínio. **Engenharia de automação**

**industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. xi, 347 p. ISBN 978-85-216-1532-3 (broch.).

NAKOV, Svetlin; KOLEV, Veselin. **Fundamentals of Computer Programming with C#**, The bulgarian C# Programming Book. Svetlin Nakov & Co.. 2013.

PINTO JUNIOR, Luiz Fernando Gomes. **Clima espacial: uma proposta para divulgação e ensino dos efeitos do sol no ambiente espacial do sistema solar para o ensino médio**. 2022. 84 f., il. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Astrofísica Gravitacional e Física Espacial) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

ROIG, Marcos. 7 benefícios da automação de processos. **Administradores.com**. 2017. Disponível em: <https://administradores.com.br/noticias/7-beneficios-da-automacao-de-processos>. Acesso em: 06 jun. 2023.

SANTANA, Antonio Cordeiro de. **Métodos quantitativos em economia: elementos e aplicações**. Belém, UFRA, 2003. 484 p.

TEIXEIRA, Luciana Souza; BRESSANE, Samir Borger; NÓBREGA, M. de J. R. da. Monitoramento da qualidade do ar – Diagnóstico das tecnologias e da rede de monitoramento da região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula**, Santa Úrsula, v. 2, n. 1, p. 73-86, jan/jun 2019. Disponível em: <http://revistas.icesp.br/index.php/TEC-USU/article/view/749/539>. Acesso em: 05 jun. 2023.

THERMO FISHER SCIENTIFIC. **GM-5000 Instruction Manual**: Air Quality Monitor. 24 out. 2020, 174 p. Disponível em: <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/CAD/manuals/gm5000-user-manual-e n.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2023.

VORMITTAG, E. da M. P. A. de A.; CIRQUEIRA, S. S. R.; WICHER NETO, H.; SALDIVA, P. H. N. Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 35, n. 102, p. 7-30, 2021. DOI: 10.1590/s0103-4014.2021.35102.002. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/190240>. Acesso em: 10 jun. 2023.

# MULTIVIX

---

CENTRO UNIVERSITÁRIO