

Fabrício Moraes de Almeida  
(Organizador)

Avanços interdisciplinares nas

# CIÊNCIAS EXATAS

e seus impactos tecnológicos



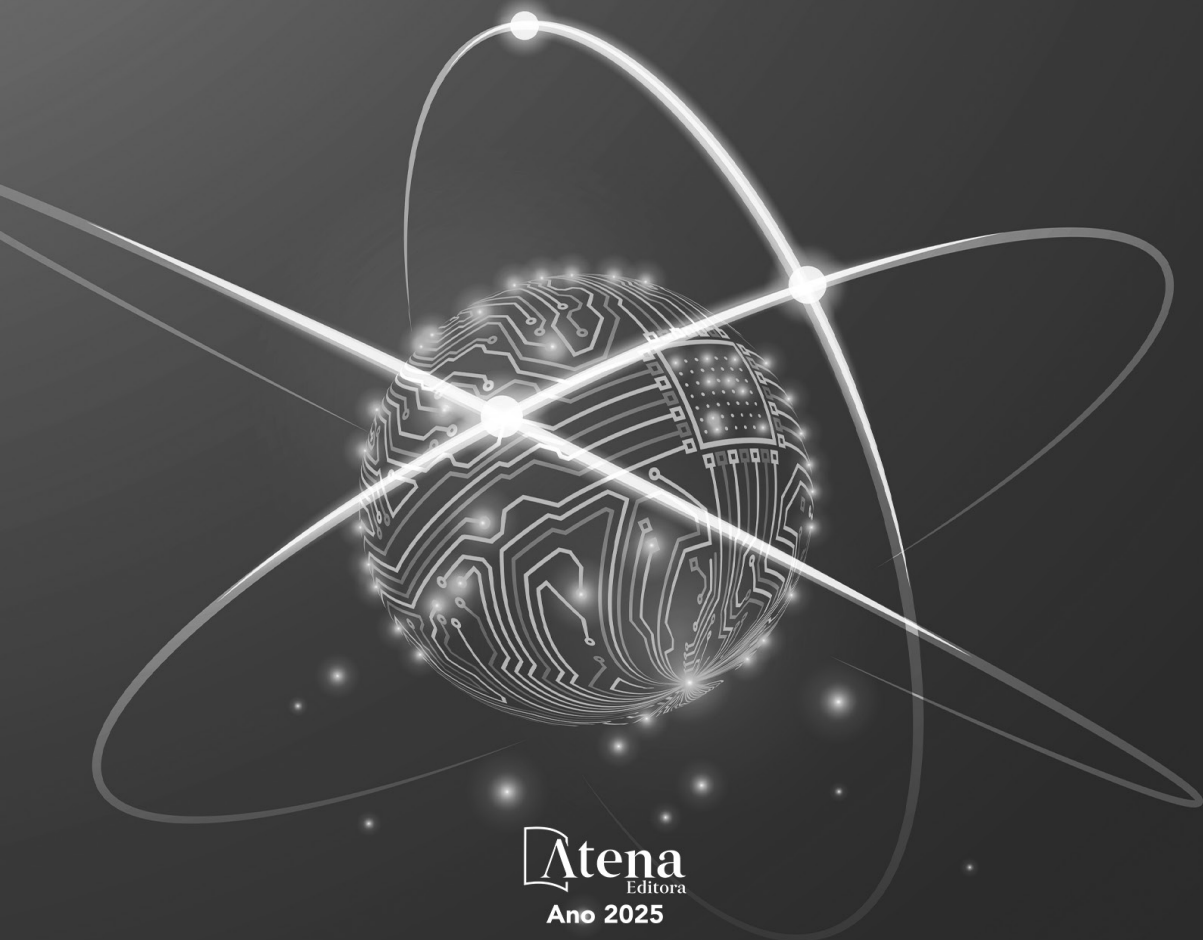
Atena  
Editora  
Ano 2025

Fabrício Moraes de Almeida  
(Organizador)

Avanços interdisciplinares nas

# CIÊNCIAS EXATAS

e seus impactos tecnológicos



Atena  
Editora  
Ano 2025

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2025 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2025 O autor

Copyright da edição © 2025 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelo autor.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

## Conselho Editorial

### Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

Profª Drª Cristina Aledi Felsemburgh – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Diogo Peixoto Cordova – Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará

Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Hauster Maximiler Campos de Paula – Universidade Federal de Viçosa

Profª Drª Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Drª Jéssica Barbosa da Silva do Nascimento – Universidade Estadual de Santa Cruz

Profª Drª Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Leonardo França da Silva – Universidade Federal de Viçosa

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira – Universidade Federal do Espírito Santo

Profª Drª Maria Iaponeide Fernandes Macêdo – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Profª Drª Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas

Profª Drª Mariana Natale Fiorelli Fabiche – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba

Profª Drª Priscila Natasha Kinas – Universidade do Estado de Santa Catarina

Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Rafael Pacheco dos Santos – Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí



## Avanços interdisciplinares nas ciências exatas e seus impactos tecnológicos

**Organizador:** Fabrício Moraes de Almeida  
**Revisão:** Os autores  
**Diagramação:** Thamires Camili Gayde  
**Correção:** Jeniffer dos Santos  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
A946	<p>Avanços interdisciplinares nas ciências exatas e seus impactos tecnológicos / Organizador Fabrício Moraes de Almeida. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2025.</p> <p>Formato: PDF  Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  Modo de acesso: World Wide Web  Inclui bibliografia  ISBN 978-65-258-3224-1  DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.241250204">https://doi.org/10.22533/at.ed.241250204</a></p> <p>1. Ciências exatas. I. Almeida, Fabrício Moraes de (Organizador). II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 509</p>
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DO AUTOR

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

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

De forma geral, os avanços interdisciplinares nas Ciências Exatas têm desenvolvido um papel fundamental no avanço de tecnologias e na resolução de problemas. Além disso, a interdisciplinaridade maximiza a combinação de conhecimentos das suas áreas, pura ou aplicada, que pode implicar como resultado em inovações fantásticas para uso nos negócios, na indústria e na otimização da qualidade de vida no século XXI.

Sob a ótica desse prisma, no livro, são apresentadas várias fundamentações teórico-práticos nos resultados obtidos pelos vários autores na elaboração de cada capítulo. Além disso, a Atena Editora oferece a divulgação técnico-científica com excelência, “solução ótima” para garantir o destaque entre as melhores editoras.

Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida  
PGDRA/UFRO

**CAPÍTULO 1 ..... 1****USO IoT E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA AGRICULTURA**

Murylo Pereira da Silva Ferreira

David Lopes Maciel

Aline Mikos

Aírton Ribeiro dos Santos

Geraldo de Magela Carvalho de Oliveira

Adjalma Campos de França Neto

Fabrício Moraes de Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2412502041>**CAPÍTULO 2 .....23****MODELOS MISTOS NA ANÁLISE DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO**

Leonardo Ribeiro


Murilo Mesquita Baesso

Jamilé Raquel Regazzo

Cíntia Cristina Soares

Luís Fernando Soares Zuin

Daiane Aparecida Zuanetti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2412502042>**CAPÍTULO 3 .....36****MÉTODOS DE PURIFICACIÓN Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS EN EL ACEITE VEGETAL USADO PARA LA ELABORACIÓN DE JABÓN LÍQUIDO**

Rosalia Calizaya Chipana

Alberto Bacilio Quispe Cohaila

Mario Ruiz Choque

Edward Paul Sueros Ticona

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2412502043>**CAPÍTULO 4 .....46****PROJETO NÚMERICO E EXPERIMENTAL DE UMA ANTENA DE MICROFITA (MOUTH) BIOINSPIRADA PARA A FAIXA DAS MICRO-ONDAS COM APLICAÇÕES EM 5G**

Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira

Daniel Felix da Silva

Pedro Carlos de Assis Júnior


Tales Augusto Carvalho de Barros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2412502044>**CAPÍTULO 5 .....57****AVALIAÇÃO DE CATALISADORES AUTOMOTIVOS ESTRUTURA PEROVSKITA  $\text{TR}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$  (TR= La E Gd; X=0,2) COMO AGENTES DE TECNOLOGIA VERDE**

Luiz Alberto dos Santos Costa

Davidson Nunes de Oliveira

Thais Silva Nascimento  
 Yasmim Iliada Cury Rodrigues  
 Victor Daniel Bevenuto de Medeiros  
 Filipe Martel de Magalhães Borges

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2412502045>

## **CAPÍTULO 6 .....75**

USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MEDIANTE AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIOS E INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES

Ericka Maldonado Pesina  
 Cesar Martinez Tovar  
 Oscar Mario Galarza Sosa  
 Miguel Angel Gallegos de la Cruz  
 Cesar Ivan Elizondo Guzman

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2412502046>

## **CAPÍTULO 7 .....85**

O RECONHECIMENTO DO SABER LOCAL SOBRE O USO MEDICINAL E ALIMENTÍCIO DA AROEIRA (*SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS* RADDI) NO ASSENTAMENTO ADEMAR MOREIRA, LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DA ALDEIA, RIO DE JANEIRO, BRASIL

Clarissa Evangelista Carreira  
 Igor do Nascimento Pinheiro  
 Vinicius Fernandes Moreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2412502047>

## **CAPÍTULO 8 ..... 105**

SUGESTÃO DE RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO A SEREM EXECUTADOS NO RIO QUITANDINHA TRECHO AV. CORONEL VEIGA – PETRÓPOLIS

Pedro Renato Vianna Barros  
 Paulo Pinheiro Castanheira Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2412502048>

## **CAPÍTULO 9 .....117**

CHATBOTS EDUCATIVOS: UNA HERRAMIENTA PARA ACOMPAÑAR LA ASIGNATURA DE DISEÑO DE PLAN DE VIDA

Rita Elizabeth Soto-Sánchez  
 Nansi Ysabel García-García  
 Valeria Chávez Muñoz  
 Oscar Zaragoza Vega  
 Martha Patricia Gutiérrez Pérez  
 Luz María Zepeda Álvarez  
 Héctor Alejandro Vela Villarreal  
 Bertha Alicia Vargas Ávila  
 Germán Raúl Jiménez-García  
 Lorena Noemí Prieto Mendoza


Alejandra Araceli Juárez Navarro  
Alejandro Geovanni Enciso Werekeitzen

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2412502049>

## **CAPÍTULO 10..... 133**

ISOMERIA ÓPTICA: UMA ABORDAGEM NO ENSINO MÉDIO


Adriana Araujo de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24125020410>

## **CAPÍTULO 11 ..... 166**

ESTADODO PARANÁ: COMO ALUNOS DO 6º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL EXPRESSAM ALGUNS CONCEITOS INICIAIS DE FRAÇÕES?

Rafael Marques Pinheiro


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24125020411>

## **CAPÍTULO 12..... 196**

SISTEMA DE INDICADORES DE GESTIÓN PARA LA GERENCIA DE OPERACIONES DE EMPRESAS DE PERFUMES VENEZOLANAS

Siro Tagliaferro

Gerardo Martínez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24125020412>

## **SOBRE O ORGANIZADOR .....224**

## **ÍNDICE REMISSIVO .....225**



## USO IoT E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA AGRICULTURA

---

*Data de submissão: 10/02/2025*

*Data de aceite: 05/03/2025*

**Murylo Pereira da Silva Ferreira**

Mestrando do PGDRA/UFRO

**David Lopes Maciel**

Doutorando PGDRA/UFRO

**Aline Mikos**

Doutoranda PGDRA/UFRO

**Aírton Ribeiro dos Santos**

Mestrando PGDRA/UFRO

**Geraldo de Magela Carvalho de Oliveira**

Engenharia Elétrica (UFPA). Esp. no Uso

Racional de Energia (UNIFEI)

Professor IFRO - Porto Velho – RO

**Adjalma Campos de França Neto**

Doutor em Agronomia (Drenagem

e Irrigação) - (UNESP). Professor

Departamento de Agronomia – Campus

Rolim de Moura/RO

**Fabício Moraes de Almeida**

Doutor em Física (UFC) com Esp. em

Eng. de Produção/Engenharia Elétrica

(FUNIP). Professor do PGDRA/UFRO

se comparada a área. Isso ocorre devido ao fator que a maioria da região tem sua economia baseada na exploração dos recursos naturais, e um dos maiores desafios é como explorar esses recursos de forma sustentável, com maior eficiência e menor destruição. Inserido nesse contexto o estado de Rondônia tem se destacado na piscicultura, principalmente na produção do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do Pirarucu (*Arapaima gigas*) no agronegócio. Porém, mesmo com uma produção expressiva ainda enfrenta os problemas convencionais da piscicultura como a degradação dos corpos hídricos através das excretas e sobras de ração que são transformadas em matéria orgânica suspensa, dióxido de carbono, nitrogênio amoniacal e outros compostos. Dessa forma, o capítulo do livro apresenta um protótipo e a viabilidade do uso de sistemas aquaponicos integrados com IoT na região em termos de eficiência de produção e qualidade, usando Inteligência Artificial para modelagem de dados. Os resultados demonstram a possibilidade de um protótipo de aplicação de IA e IoT na agricultura para otimizar a produção.

**PALAVRAS-CHAVE:** IoT. Inteligência Artificial. Agricultura. Aquaponia. Amazônia.

**RESUMO:** A região Amazônica ocupa grande parte do território nacional, porém sua contribuição econômica é muito baixa

## USE OF IOT AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AGRICULTURE

**ABSTRACT:** The Amazon region occupies a large part of the national territory; however, its economic contribution is very low compared to its size. This occurs because most of the region's economy is based on the exploitation of natural resources, and one of the greatest challenges is how to exploit these resources sustainably, with greater efficiency and less destruction. Within this context, the state of Rondônia has stood out in fish farming, particularly in the production of Tambaqui (*Colossoma macropomum*) and Pirarucu (*Arapaima gigas*). However, despite significant production, it still faces conventional fish farming problems, such as the degradation of water bodies caused by excretions and feed leftovers, which are transformed into suspended organic matter, carbon dioxide, ammoniacal nitrogen, and other compounds. In this scenario, the present study aims to investigate the feasibility of using aquaponic systems integrated with IoT in the region in terms of production efficiency and quality, employing AI for data modeling.

**KEYWORDS:** IoT. Artificial intelligence. Agriculture. Aquaponics. Amazon.

## INTRODUÇÃO

A atividade humana tem modificado largamente a paisagem do planeta, substituindo áreas naturais por diferentes uso e ocupação do solo, impactando diretamente na qualidade e disponibilidade dos recursos naturais (COELHO et al, 2014). O processo de urbanização em todo mundo vem crescendo, devido a isso problemas sociais, ambientais e culturais são desafios a serem enfrentados tanto pelos governos quanto pelas populações (MORGADO, 2016).

Diante desse contexto a colonização da Amazônia passou por diversos projetos de ocupação agropecuários que vieram a formar as cidades, expandindo a fronteira urbana e agrícola, aumentando o desmatamento, queimada e urbanização. (D'ANTONA et al, 2011). A queimada e desmatamento são fatores de enorme pressão sobre os ecossistemas alterando a evapotranspiração e consequentemente o ciclo hidrológico na Amazônia (COPERTINO et al, 2019).

A Amazônia ocupa 60% do território brasileiro, que caberia mais da metade dos países europeus, e 17% de sua área já foi devastada, o que equivale a duas vezes o território do Japão ou Alemanha, que são duas das maiores potências do planeta. Porém, sua contribuição econômica para o PIB nacional é de apenas 8% (HURTIENNE, 2005; HOMMA, 2010).

A produção na região tem histórico de degradação do meio ambiente, passando por extrativismo animal e vegetal na década de 60, e pecuária e lavoura na década de 80, seguidas de extração de madeira (HOMMA, 2015). Grande parte da população rural é de agricultores com propriedades de pequeno e médio porte, principalmente nos estados de Rondônia e Pará (HURTIENNE, 2005).

## METODOLOGIA

De acordo com Köche (2005), o conhecimento científico é caracterizado por um elevado poder de crítica, sustentado pela utilização de uma linguagem precisa e bem delimitada, o que assegura a definição clara dos conceitos e estabelece as categorias dos correspondentes empíricos. Esses elementos possibilitam a realização de experimentos para coletar evidências que comprovem sua validade, além de permitir a discussão dos resultados de maneira intersubjetiva na comunidade científica. Para isso, os experimentos seguem procedimentos e métodos fundamentados em critérios mínimos de verificabilidade, reconhecidos e aceitos por essa comunidade. Complementando essa visão, Andrade (2004) observa que:

“Há algum tempo, considerava-se a pesquisa científica ‘coisa de gênio’, ou seja, algo excepcional, fruto da ‘inspiração’, avesso a qualquer tipo de planejamento. Hoje, já não é mais possível admitir essa ideia de ‘estalo’, pois sabe-se que as descobertas e as invenções do mundo moderno não ocorrem por acaso ou por ‘intuição’, mas por meio de pesquisas sistemáticas, organizadas.”

O capítulo do livro está definida n pesquisa científica, como: pesquisa bibliográfica, para mineração de literatura na área, além disso, uso de pesquisa bibliométrica para pesquisar e analisar o impacto das publicações sobre a temática. Já a pesquisa experimental será utilizada para montagem do sistema de aquaponia e uso dos sensores IoT, com a coleta de dados para modelagem usando Inteligência artificial que converge para pesquisa quantitativa.

Para realização dessa pesquisa utiliza o método SSF, que é dividido em quatro passos e oito atividades, como mostrado na figura 2. Essa metodologia foi desenvolvida para padronizar os procedimentos de buscas nas bases de dados científicas, podendo ser utilizado tanto para revisão sistemática quanto para revisão integrativa (FERENHOF E FERNANDES, 2016).

As atividades 1 e 2 da fase do protocolo de pesquisa foram feitos da seguinte forma;

- Estratégias de pesquisa – Utilizando-se de operadores booleanos e a chave de busca em conjunto com os filtros da plataforma Web of Science para encontrar artigos indexados sem limite de tempo.
- Parametrização e aplicação da chave de busca utilizando os termos aquaponics system, IoT e application.

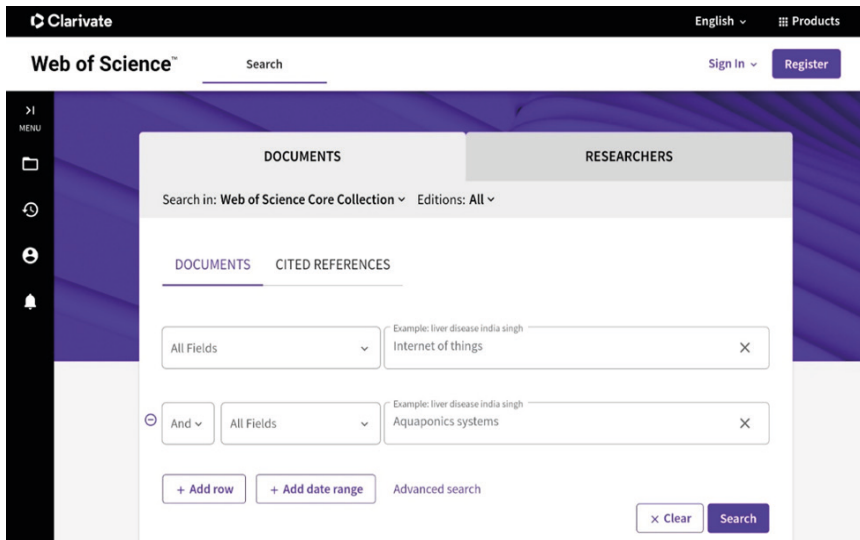


Fig.1 Parametrização da chave de busca na plataforma Web of Science.

Fonte: Autoria própria, 2024.

O software R® será utilizado para automatizar as atividades de gestão de documentos, padronização e seleção de documentos e composição do portfólio de documentos da fase do protocolo de pesquisa, através das Bibliotecas RStudio/Bibliometrix. Na fase de análise o mesmo processo de automatização ocorreu, mas foi gerado um banco de dados em MS Excel® com todos os artigos pesquisados nas duas plataformas Web of science e Science Direct, para então posterior tratamento dos dados com Bibliometrix, A biblioteca R®/ Biblioshine foi utilizada na fase de síntese, sendo aplicada ao Banco de Dados resultante da fase de análise. A última fase foi finalizada com a escrita do artigo, utilizando os relatórios e dados gerados para embasar a escrita dos resultados (SILVA et. al, 2016).

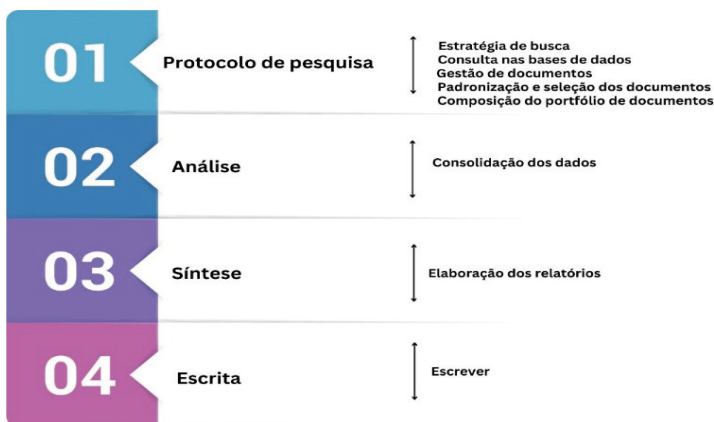


Figura 2 – Etapas e atividades do método Systematic Search Flow.

Fonte: Autoria própria, 2024.

Para o monitoramento do sistema será utilizado o microcontrolador ESP32 desenvolvido pela Espressif Systems, que tem versatilidade, baixo custo e alto desempenho. O microcontrolador será integrado a um sensor DHT22 responsável por medir umidade e temperatura. Os dados coletados serão enviados a um broker que utiliza o protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), e posteriormente aos outros dispositivos como mostra a figura 3. Além disso, a modelagem de dados será realizada usando Inteligência Artificial.

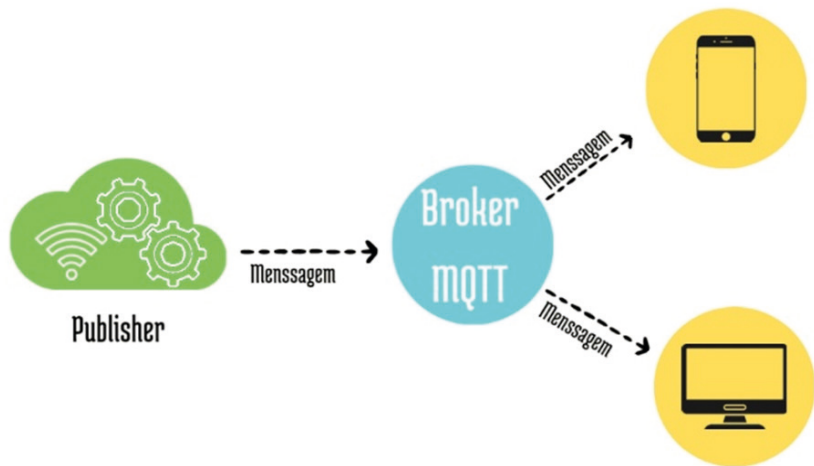


Fig. 3 Esquema de comunicação do protocolo MQTT.

Fonte: Autoria própria, 2024.

Foi utilizada a plataforma <https://wokwi.com> para a simulação das configurações das placas e sensores, a programação em linguagem C é inserida no layout como mostrado na figura 4.

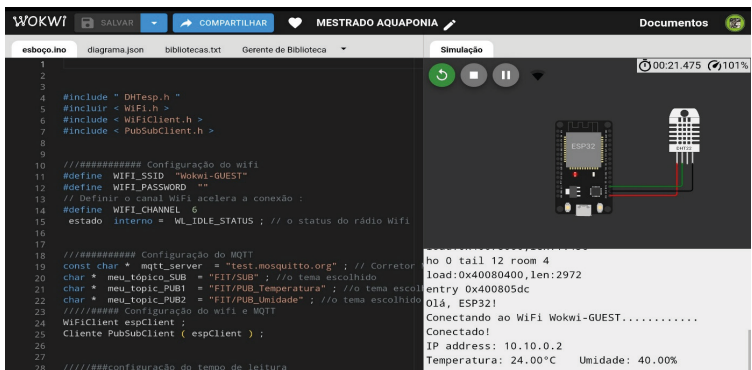


Fig.4 Layout da página de configurações.

Fonte: Autoria própria, 2024.

A configuração do software utilizada será a seguinte:

```
#include "DHTesp.h"
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <PubSubClient.h>

##### configuração do wifi
#define WIFI_SSID "Wokwi-GUEST"
#define WIFI_PASSWORD ""

// Defining the Wifi channel speeds up the connection:
#define WIFI_CHANNEL 6

int status = WL_IDLE_STATUS; // the Wifi radio's status

##### configuração do MQTT
const char* mqtt_server = "test.mosquitto.org"; // MQTT broker
char* my_topic_SUB = "F/SUB"; // the chosen topic
char* my_topic_PUB1 = "F/PUB_Temperatura"; // the chosen topic
char* my_topic_PUB2 = "F/PUB_Umidade"; // the chosen topic

##### configuração do wifi e MQTT
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);

##### configuração do tempo de leitura
int contador = 1;
char mensagem [30];
unsigned long lastMillis = 0;

##### Configuração do DHT22
const int DHT_PIN = 15;
DHTesp dhtSensor;
float ambiente [2];
float lastTemp = -999.0;
float lastHum = -999.0;

void setup () {
    // put your setup code here, to run once:
    Serial.begin(115200);
    Serial.println("Olá, ESP32!");
    dhtSensor.setup(DHT_PIN, DHTesp:DHT22);
    conectawifi ();
    client.setServer(mqtt_server, 1883); // Set the MQTT broker server and port
    client.setCallback(callback); // Set the callback function for incoming MQTT messages
}

void loop () {
    // put your main code here, to run repeatedly:
    sensor_ambiente ();
```

```

// Verifica se houve uma alteração nos valores de temperatura ou umidade
if (ambiente [0]! = lastTemp || ambiente [1]! = lastHum) {
    Serial. Print ("Temperatura: ");
    Serial. Print (ambiente [0]);
    Serial. Print ("°C\umidade: ");
    Serial. Print (ambiente [1]);
    Serial.println("%");
    // Atualize os valores anteriores
    lastTemp = ambiente [0];
    lastHum = ambiente [1];
}
// Check MQTT connection and process incoming messages
if (! client. Connected ()) {
    reconnect ();
}
client. Loop ();
delay (100); // Add a delay to avoid flooding the MQTT broker with messages
//Aguarda 15 segundos para enviar uma nova mensagem
if (millis () - lastMillis > 15000) {
    lastMillis = millis ();
    //sprintf (mensagem, "MQTT ESP32 - Mensagem no. %d", contador);
    ///envio da temperatura
    int valiant = (int) ambiente [0];
    float Val float = (abs (ambiente [0]) - abs(valiant)) * 100000;
    int val_fra = (int)Val float;
    sprintf (mensagem, "%D.Ed.", valiant, val_fra);
    Serial. Print ("Mensagem envied: ");
    Serial.println(mensagem);
    //Enviar a mensagem a broker
    client. publish (my_topic_PUB1, mensagem);
    Serial. Print(contador);
    Serial.println("-Temperatura envied com sucesso...");
    ///envio da umidade
    val_int = (int) ambiente[1];
    val_float = (abs(ambiente[1]) - abs(val_int)) * 100000;
    val_fra = (int)val_float;
    sprintf(mensagem, "%d.%d", val_int, val_fra );
    //sprintf(mensagem,"%d", ambiente[1] );
    Serial.print("Mensagem enviada: ");
    Serial.println(mensagem);
    //Envia a mensagem ao broker

```



```

client.publish(my_topic_PUB2, mensagem);
Serial.print(contador);
Serial.println("-Umididade enviada com sucesso...");
//Incrementa o contador
contador++;
}
}
void conectawifi()
{
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD, WIFI_CHANNEL);
  Serial.print("Conectando ao WiFi ");
  Serial.print(WIFI_SSID);
  // Wait for connection
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(100);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println(" Conectado!");
  Serial.print("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}
// Process incoming MQTT message and control the servo motor
void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
  String string;
  Serial.print("Chegou a mensagem [");
  Serial.print(topic);
  Serial.print("] ");
  for (int i = 0; i < length; i++) {
    string+=((char)payload[i]);
  }
  Serial.print(string);
}
// Attempt to reconnect to the MQTT broker if the connection is lost
void reconnect() {
  while (!client.connected()) {
    Serial.print("Tentando conectar ao MQTT ...");
    if (client.connect("ESPClient")) {
      Serial.println("Conectado");
      client.subscribe(my_topic_SUB);
    } else {
      Serial.print("falhou, rc=");

```

```

Serial.print(client.state());
Serial.println(" Tente novamente em 5 segundos");
}
}
}
void sensor_ambiente()
{
TempAndHumidity data = dhtSensor.getTempAndHumidity();
ambiente[0]= data.temperature;
ambiente[1] = data.humidity;
//Serial.println("Temperatura: " + String(ambiente[0], 2) + "°C");
//Serial.println("Umidade: " + String(ambiente[1], 1) + "%");
//.println("---");
// delay(200);

```

Para testar o funcionamento do protocolo MQTT utilizará a plataforma online <https://testclient-cloud.mqtt.cool> como na figura 5.

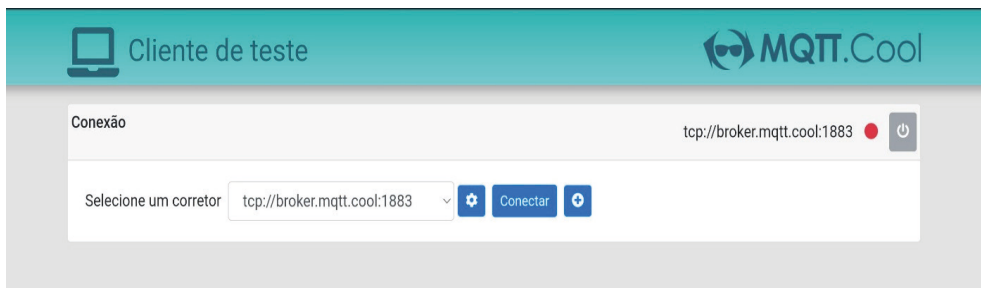


Fig.5 Layout do MQTT Test Mosquito.

Fonte: Autoria própria, 2024.

O aplicativo utilizado para receber as informações mobile será o MQTT DASH, as configurações utilizadas estão representadas nas figuras 6 e 7.

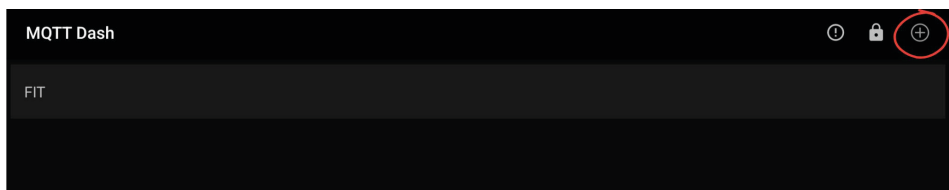



Fig.6 Adicionar Broker no MQTT DASH Fonte

Fonte: Autoria própria, 2024.

MQTT Dash



☐ Default (automatically connect on start up).  
Note: this option is useful if you have just one connection configured.  
If you have more than one connection, you can create home screen shortcut for every connection.  
To create shortcut long press on any connection in connections list.

☒ Keep screen on when connected to this broker

☒ Allow metrics management. If disabled, you can't add, edit, delete or rearrange metrics. This serves as protection from unintentional metrics changing.

Name

FIT

Address

test.mosquitto.org

Port

1883

☐ Enable connection encryption (SSL/TLS).  
Note: If server certificate is self-signed, you need to install it to your device or enable option below, otherwise connection will fail. If server certificate issued by a known Certificate Authority (CA), it will work out of box, without installing to you device. Also don't forget, that MQTT servers have different ports for plain and SSL/TLS connections.

☐ This broker uses self-signed SSL/TLS certificate. I trust this certificate at my own risk.

User name

User password

Client ID (must be unique)

mqtttdash-74b2457b

Tile size





Fig.7 Como preencher as configurações do Broker no MQTT Dash.

Fonte: Autoria própria, 2024.

Fig.8 Como preencher as configurações do Broker no MQTT Dash.

MQTT Dash



☐ Default (automatically connect on start up).  
Note: this option is useful if you have just one connection configured.  
If you have more than one connection, you can create home screen shortcut for every connection.  
To create shortcut long press on any connection in connections list.

☒ Keep screen on when connected to this broker

☒ Allow metrics management. If disabled, you can't add, edit, delete or rearrange metrics. This serves as protection from unintentional metrics changing.

Name

FIT

Address

test.mosquitto.org

Port

1883

☐ Enable connection encryption (SSL/TLS).  
Note: If server certificate is self-signed, you need to install it to your device or enable option below, otherwise connection will fail. If server certificate issued by a known Certificate Authority (CA), it will work out of box, without installing to you device. Also don't forget, that MQTT servers have different ports for plain and SSL/TLS connections.

☐ This broker uses self-signed SSL/TLS certificate. I trust this certificate at my own risk.


User name

User password

Client ID (must be unique)

mqtttdash-74b2457b

Tile size



Fonte: Autoria própria, 2024.

Fig. 9 Como preencher as configurações do Broker no MQTT Dash.

MQTT Dash

This metric is intended for displaying payload text (e.g. temperature displaying). Payload is expected to be string.

Name

Recebe

Topic (sub)

FIT/SUB

Extract from JSON path (if payload is in JSON format), e.g.: \$.level.value. JSON path documentation at the URL below: <https://github.com/jayway/JsonPath/blob/master/README.md>

☒ Enable publishing

Topic (pub) - keep empty if the same as sub

☒ Update metric on publish immediately (do not wait for incoming message to update visual state)

Prefix

Postfix

Main text size

☐ Small

☐ Medium

☒ Large

Main text color

Fonte: Autoria própria, 2024.

## ALGUNS FUNDAMENTOS SOBRE DESENVOLVIMENTO REGIONAL NA AMAZÔNIA.

### Ciclos econômicos e ocupacionais na Amazônia.

O estado de Rondônia passou por diversos ciclos econômicos, que são eles: O primeiro ciclo da borracha, construção da Estrada de Ferro Madeira Mamoré, Construção das linhas telegráficas, segundo ciclo da borracha, exploração da cassiterita, a abertura da BR-364, exploração do ouro e a construção da Usina Hidroelétrica de Samuel na região. E todos acarretaram impactos ambientais diferentes, devido a ocupação desordenada e exploração dos recursos naturais (SILVA 1991; SILVA, 1997; MEDEIROS, 2004).

Durante o primeiro (1880-1910) e segundo (1941-1945) ciclos da borracha houve um grande fluxo de retirantes nordestinos para a Amazônia, cerca de 80 mil e principalmente cearenses, que se instalaram na região que é hoje o estado de Rondônia. A ocupação ocorreu principalmente na região do vale do Rio Madeira, Guaporé, Ji-Paraná, Machado, Jamari e Candeias (NUNES, 1996).

Nesse período também houve as primeiras tentativas da construção de uma ferrovia que permitiria o escoamento dos produtos do centro-oeste boliviano para o Atlântico. Assim com o Tratado de Petrópolis entre Brasil e Bolívia onde o Acre seria incorporado ao território nacional em troca da construção dessa ferrovia, houve um fluxo de ocupação da região do que hoje é Porto Velho e Guajará - Mirim (RIBEIRO, 2009).

Posteriormente entre 1950-1960 houve um processo de intensificação da ocupação devido a construção da BR 364, a população da Amazônia aumentou de 1 milhão para 5 milhões. A partir de 1965 o processo de integração do centro-sul do país com a região amazônica foi parte de projetos de ocupação incentivados pelo governo brasileiro. O norte do país foi usado como solução para tensões fundiárias do nordeste e sudeste do país, onde ocorreu a expulsão de pequenos agricultores devido a modernização da agricultura (ALVES, 2018).

Na década de 80 do século XX o estado de Rondônia intensificou a agropecuária, pois sua colonização foi oriunda de programas de ocupação estimulados pelo governo federal. O INCRA era responsável por distribuir terras, uma das exigências era desmatar pelo menos 50% do lote para obter o título de posse da terra. Os lotes variavam de 50 a 100 ha, que tinham como principal objetivo o desmatamento para uso intensivo do solo (SCHLINDWEIN, 2012).

E o último grande ciclo ocupacional foram o das hidrelétricas, que trouxeram um novo fluxo migratório para a região devido à necessidade de mão de obra, afetando diretamente no crescimento desordenado sem infraestrutura adequada (CAVALCANTE et al, 2016).

## **Psicultura E Seus Problemas**

A partir da década de 80 a psicultura começou a se desenvolver no estado de Rondônia como uma alternativa de renda para os produtores rurais, e tem se tornado uma das atividades econômicas mais importantes da região. Atualmente a atividade é positiva para a economia do estado, gerando arrecadação através do Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), emprego e alimento para a população (XAVIER, 2013).

Ao mesmo tempo a psicultura é uma atividade de menor impacto ambiental se comparada a bovinocultura e agricultura. A produção gira em torno do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) espécie nativa da região Amazônica. Em 2018 Rondônia foi o maior produtor de Tambaqui e Pirarucu. Embora sejam conhecidos seus aspectos positivos, a psicultura também possui aspectos negativos, pois a maioria dos tanques da região é do tipo tanques-solo (escavado) (EMATER, 2017; IDARON, 2018). Esses tanques são reservatórios escavados e tem suas paredes compactadas para evitar a infiltração da água, podendo precisar de correção da terra e aplicação de fertilizantes químicos orgânicos e inorgânicos (PROCHMAN E MICHAELS, 2003).

Alguns trabalhos mostram que a psicultura também pode acabar com a qualidade da água de corpos receptores através das excretas e sobras de ração que são transformadas em matéria orgânica suspensa, dióxido de carbono, nitrogênio amoniacal e outros compostos. Além disso há patógenos que usam a própria água do cultivo para se proliferar, podendo causar desastres na produção como o surto de anemia infecciosa no salmão chileno, surto de mancha branca no camarão de Santa Catarina e Necrose Hipodérmica Hematopoiética no camarão no Nordeste (MACINTOSH & PHILLIPS, 1992; VENÂNCIO & QUEIROZ, 1998; POERSH 2012).

## Contaminantes Do Solo E Água Em Rondônia

Mercúrio (Hg) - O mercúrio está presente em três formas, elementar (Hg<sup>0</sup>), orgânico (Hg<sup>22+</sup> e Hg<sup>2+</sup>) e na forma orgânica. A forma elementar é encontrada em mais abundância na atmosfera, porém a mais tóxica é a espécie orgânica na forma de metilmercúrio (CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup>, MeHg). Além de ter uma alta taxa de absorção oral, superior a 90%, permanece o dobro de tempo das espécies inorgânicas, aproximadamente 80 dias (HERMANN, 2020).

Nas últimas três décadas vem ocorrendo mudanças significantes no uso e ocupação do solo na Amazônia, a falta da cobertura vegetal expõe o solo a elevadas temperaturas que aumentam a volatilização de mercúrio no solo. A imobilização e acumulação de contaminantes nesse compartimento depende da composição biogeoquímica, que é afetada diretamente pelo tipo de uso e ocupação do solo (BASTOS E LACERDA, 2004).

Os solos amazônicos são naturalmente ricos em mercúrio, e os maiores fatores de remobilização e reemissão são oriundos da atividade antrópica como garimpo, queima de combustíveis fósseis, queima da floresta para conversão em pastos, erosão e lixiviação, formação de lagos de usinas hidroelétricas. (TAVARES, 2020).

Durante a estação seca devido as queimadas e suspensão da poeira, o aumento das partículas atmosféricas aumenta em até 100 vezes, o que facilita os processos de oxidação, adsorção e deposição do mercúrio. Esse processo faz com que a concentração de mercúrio atmosférico depositado no ecossistema amazônico está em sua maioria na forma inorgânica (Hg<sup>2+</sup>) (BASTOS E LACERDA, 2004).

A criação de lagos para usinas hidrelétricas, como as do Rio Madeira, inundam áreas de florestas que por sua vez aumenta o nível de metilmercúrio nos reservatórios. A decomposição da matéria orgânica após a inundação cria condições anóxicas, em que micro-organismos aumentam o processo de metilação do mercúrio inorgânico (CASTILHOS E RODRIGUES, 2008).

O metilmercúrio é considerado um dos agentes mais citotóxicos e neurotóxicos do meio ambiente, pois causa alterações no sistema nervoso, cardiovascular, imunológico e respiratório (TAVARES, 2020). Segundo Vasconcellos (2015) estima-se que cerca de 34,31% perdem 2% de seu QI, devido a exposição a altas concentrações de MeHg.

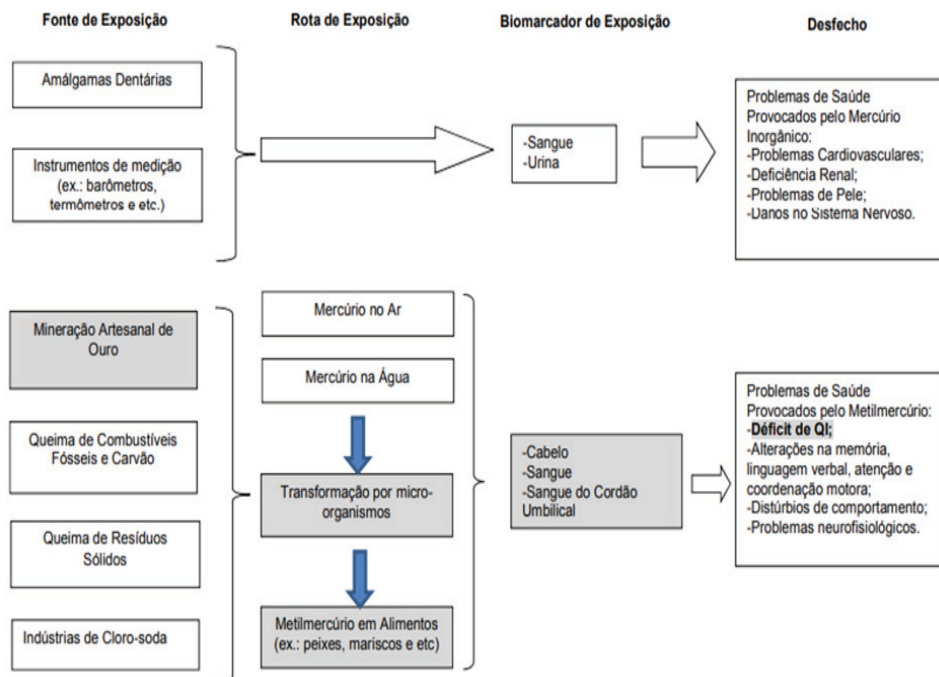


Figura 10: Principais formas de exposição ao mercúrio, com destaque para o cenário amazônico.

Fonte: Vasconcellos (2015)

## Uso de agroquímicos

Os defensivos agrícolas podem ser divididos em orgânicos e inorgânicos em relação a sua composição química, sendo que os inorgânicos derivados e arsênio (As), enxofre (S), cianeto (CN), cobre (Cu), a milênios para lidar com pragas. A partir da revolução industrial começou a utilização de pesticidas a base de antimônio (Sb), bário (Ba), boro (B), cádmio (Cd), chumbo (Pb), flúor (F), mercúrio (Hg) e tálio (Tl). Após os séculos XIX já vieram os organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides (MORGADO, 2019).

No Brasil os grupos químicos mais utilizados para controle de parasitas bovinos, como carrapato e mosca de chifre por exemplo, são os piretróides, organofosforados e amidina. Segundo Pereira et al (2018), os mais utilizados na região de Cacoal seguem a mesma tendência das demais regiões sendo os piretróides, avermectina e organofosforados sendo os mais utilizados (tabela 1).



Base química	Número de propriedades / (%)	Frequência de uso por ano		
		Baixo (%)	Média (%)	Alta (%)
Piretróide	143 (62,7%)	35,80%	24,10%	40,00%
Avermectina	109 (47,8%)	84,60%	8,65%	6,73%
Organofosforado	94 (41,2%)	33,30%	23,40%	43,20%
Fenilpirazol	63 (27,6%)	50,90%	18,80%	30,10%
Benzimidazol	17 (8,02%)	85,70%	-	14,20%
Imidina	08 (3,77%)	50%	-	50%
Benzoilureia	07 (3,30%)	86,60%	-	13,30%
Fenólicos	05 (2,36%)	56,60%	16,60%	26,60%
Benzoilfenilureia	01 (0,47%)	-	-	-

Tabela 1: Antiparasitários utilizados na microrregião da bacia leiteira de Cacoal (RO).

Fonte: Pereira et al (2018).

A Secretaria de Saúde e Meio Ambiente e o dos Recursos Naturais e Renováveis (IBAMA), os agroquímicos são classificados de I a IV de acordo com o perigo ambiental. Sendo a classe I altamente perigosos, classe II muito perigosos, classe III perigosos, classe IV pouco perigosos (WHO, 1990). Pereira et al (2018) mostra que 72,17% das propriedades avaliadas em seu trabalho utilizavam agroquímicos da classe I.

Base química	Nº de propriedades/%	Classe toxicológica	Classificação de Periculosidade Ambiental
Ácido Piridinocarboxílico	89 (41,98%)	Classe I (extremamente tóxico)	Classe I
Ácido Ariloxialcanoico	63 (29,72%)	Classe I (extremamente tóxico)	Classe III
Fenoxiácidos	15 (7,08%)	Classe IV (Pouco tóxico)	Classe III
Derivado da Glicina	14 (6,6%)	Classe IV (Pouco tóxico)	
Antranilamida	04 (1,89%)	Classe III (Mediamente Tóxico)	Classe II
Dipiridilos	04 (1,89%)	--	--
Piretróide	01 (0,47%)	Classe I (extremamente tóxico)	Classe II

Tabela 2: Agroquímicos utilizados na microrregião da bacia leiteira de Cacoal (RO)

Fonte: Pereira et al (2018).

Os corpos d'água pode ser atingidos pelos agrotóxicos através processos como percolação, drenagem, escoamento superficial e subsuperficial, erosão, deriva e volatilização (AMERICO-PINHEIRO & SALES, 2021). No ambiente aquático podem e ligar ao material particulado em suspensão, ao sedimento e a biota (SILVA et al, 2013). Quanto maior a concentração e tempo de exposição, maior as chances de afetar a biota em nível de comunidade e ecossistemas, pois afeta a taxa de reprodução e impede o recrutamento de novas espécies (PERE & MOREIRA, 2003).

## Aquaponia como alternativa na otimização da produção

A aquaponia consiste em um meio de produção onde a hidroponia e aquicultura estão integradas em um único sistema, onde ocorre a recirculação de água e nutrientes. Essa recirculação faz com que a produção seja eficiente e sustentável, causando menos impactos ao meio ambiente (HUDLEY et al, 2013; NAVARRO, 2013). O termo aquaponia e relativamente novo, esse modelo de produção é atribuído a povos astecas há mais de 1000 anos, que através de jangadas de barro e varas de madeira produziam vegetais em cima de lagos (EBEL, 2020).

O crescimento populacional, associado ao aumento da demanda por recursos hídricos, há uma enorme pressão sobre os setores de produção alimentícia, devido a isso a sustentabilidade passa a ser uma questão de necessidade. Consequentemente, a produção de alimentos com perda mínima de água e nutrientes também é uma necessidade, sendo a aquaponia uma possibilidade de que isso ocorra (HUNDLEY, 2013).

Diante desse contexto, a aquaponia surge como uma modalidade de cultivo com uma série de benefícios, dentre eles o baixo custo de produção otimização da produção por espaço. Pois é um sistema integrado onde há uma maior eficiência no uso de recursos ideal para produção do pequeno, médio agricultor e até perímetro urbano. A cultura de peixes fornece nutrientes para as plantas, e as plantas limpam a amônia da água para os peixes, beneficiando o sistema.

Havendo assim um melhor controle de qualidade da água, menor quantidade de resíduos orgânicos, controle de algas e fungos que alteram o sabor dos peixes, manutenção anual, possibilidade de várias safras ao ano e manejo intensivo para manter a homogeneidade dos produtos (RAKOCY, 2006; GRABE & JUNGE, 2007; BRAZ FILHO, 2010).

## **Estudo Bibliométrico e uso da Inteligência Artificial**

A comunicação científica é a forma que a academia utiliza para trocar conhecimento entre a comunidade científica, se tornando a força que impulsiona o avanço científico. Com progresso tecnológico, a capacidade de gerar e armazenar uma grande quantidade de informação também gerou novas formas de organizar e analisar, através de estudos métricos da informação. Essas análises por sua vez utilizam métodos matemáticos e estatísticos, dentre eles destacam-se a bibliometria, cientometria e infometria que avaliam e descrevem os cursos da produção científica (SOUZA et al, 2024).

Recentemente os estudos de revisão da literatura tem se tornado uma importante ferramenta, auxiliando os pesquisadores acerca dos principais estudos, de áreas específicas do conhecimento, em determinado espaço-tempo. Sendo as principais: revisões narrativas, integrativas, sistemática, de escopo e bibliométricas. A revisão bibliométrica assim como as demais, utilizam técnicas exploratório-descritiva para aprofundamento de determinado tema, permitindo ainda encontrar pesquisadores e periódicos de maior relevância e análise sistêmica dos dados obtidos (MUNARO et. al, 2024).

Rosenrof e Fernandes (2016) nós trazemos algumas avaliações dos prós e contras da revisão sistemática na visão de alguns autores, mostrando que nos modelos utilizados a maior lacuna encontrada trata-se principalmente do fluxo de busca. E diante desse problema os autores propõe uma metodologia chamada Systematic Search Flow baseado nos seis princípios de Jesson et al (2011), que são estratégia, consulta em base de dados, organizar bibliografias e padronizar seleção de artigos, composição do portfólio e consolidação de dados, síntese e elaboração de relatórios e escrita.

Diante desse contexto, o presente trabalho visa verificar o uso das IoT em sistemas de produção aquaponicos, através mostrando assim as tendências da produção científica nessa área e suas lacunas.

## Tecnologias Disruptivas

A evolução da sociedade humana depende da criação de novas ferramentas, e isso marca toda a sua trajetória desde a idade da pedra até a revolução tecnológica atual. Depois da segunda guerra mundial houve a terceira revolução tecnológica, que modificou a forma como se davam as relações sociais. As novas ferramentas e tecnologias desenvolvidas impulsionaram a economia e a qualidade de vida, mas também foram causadoras da diminuição da mão de obra humana alterando a relação do trabalho (SOLIMANI E FILHO, 2017).

A Revolução Digital tem como característica marcante não a profundidade das modificações sociais e sim a velocidade em que afeta a sociedade. Cada uma das grandes revoluções foram responsáveis por criar base para o próximo estágio a ser alcançado, por exemplo, sem o saneamento básico e a energia elétrica melhorando a qualidade de vida não seria possível criar as tecnologias atuais (GABRIEL, 2022).

Uma das características das ferramentas criadas pelos seres humanos é alteração da sua sociedade, porém existem determinadas inovações tecnológicas que modificam profundamente toda a relação social. Essas tecnologias são chamadas de tecnologias disruptivas, pois representam uma quebra nos paradigmas sociais, forçando a sociedade a modificações para se adaptar as inovações tecnológicas (TSUNODA E CÂNDIDO, 2022).

Clayton Christensen cunhou o conceito de inovação disruptiva em seu livro “O dilema da inovação”, onde o autor avalia o impacto de pequenas inovações no mercado em que entram e como modificam as relações de poder. É importante diferenciar inovação incremental e inovações disruptivas, no livro o autor mostra que a primeira melhora um produto já estabelecido no mercado agregando um maior valor, já o segundo muda totalmente a forma como fazemos ou compreendemos algo (CHRISTENSEN, 2011).

## Agricultura 4.0

No período neolítico a prática da agricultura dependia totalmente das características climáticas, pois o conhecimento acumulado pela sociedade naquela época era rudimentar. As ferramentas eram simples e o homem estava aprendendo a domar animais para o trabalho. Essa técnica descrita acima é chamada de agricultura 1.0, e infelizmente é a realidade de muitos países hoje (PIVOTO et al, 2023).

Já no entre o século 18 e 19 a troca da matriz energética por combustível fóssil marcou a ascensão da sociedade urbana e industrial, e isso também afetou o meio rural. Com as novas máquinas e ferramentas como fertilizantes, arados reversíveis, colheitadeiras etc. Essas ferramentas ajudaram a acelerar o processo de produção e substituíram grande parte da mão de obra humana, que é uma das principais características da agricultura 2.0 (PIVOTO et al, 2023).

Já na década de 90 do século 20 houve alguns acontecimentos importantes, como a aprovação do primeiro alimento transgênico pela FDA (Food and Drug Administration), surgimento de ferramentas geoespaciais e sensores remotos. Tais tecnologias permitiram o uso de pesticidas, irrigação, fertilizante com alta precisão, marcando o início da agricultura 3.0 (PIVOTO et al, 2023).

Os avanços tecnológicos na área da computação em rede permitiram a criação de dispositivos conectados à internet como sensores, câmeras e smartphones com um baixo custo. Com isso o uso desses dispositivos se tornou viáveis na agricultura. Com isso no início do século 21 surge a agricultura 4.0 ou agricultura inteligente, que com uso da IoT aumentam a produtividade, reduz custo e melhora a qualidade (PIVOTO et al, 2023).

O conceito de uma rede de dispositivos inteligentes iniciou-se em 1982, com a alteração de uma Coke machine na Universidade de Carnegie Mellon que foi o primeiro dispositivo a ser conectado à internet, reportando se as bebidas que acabaram de ser repostas já estavam frias. O britânico Kevin Ashton foi o primeiro a cunhar o termo “internet of thing” para se referir a um sistema onde a internet está conectada ao mundo físico através de vários sensores (GOKHALE, 2018).

Dessa forma, o contexto da agricultura inteligente utiliza sensores baseados em IoT (internet of thing) para otimizar a produção (PYINGKODI et al, 2022). A tecnologia IoT trata-se de uma rede de objetos físicos, como sensores por exemplo, que estejam conectados a uma rede permitindo assim a coleta e troca de dados. Sendo assim a IoT permite o controle desses objetos remotamente, conectando o mundo físico ao digital resultando em maior eficiência e precisão (GOKHALE et al, 2018).

Sendo assim os agricultores podem monitorar sua produção remotamente recebendo informações importantes em tempo real, como, por exemplo, observar se a umidade do solo está baixa dando início a irrigação (PYINGKODI, 2022). A IoT tem a capacidade de interação sem a necessidade do ser humano intervir, mesmo estando em seus estágios iniciais vários avanços vêm acontecendo nessa integração entre objetos e sensores na internet (GOKHALE, 2018).

# Uso De IoT Para O Monitoramento Do Sistema Aquaponicos

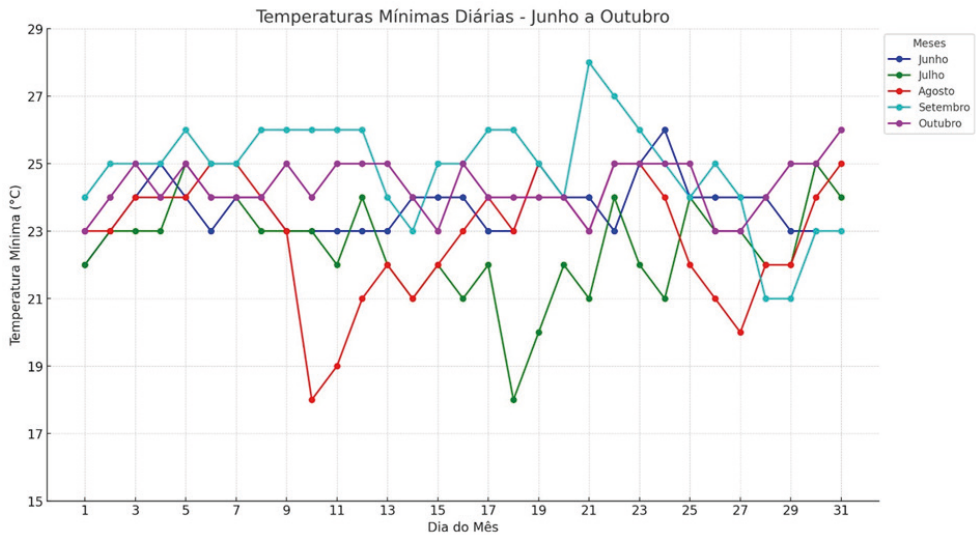


Fig.11.1 Temperaturas mínimas diárias registradas de junho a outubro.

Fonte: Autoria própria, 2024.

O gráfico exibe as temperaturas mínimas diárias registradas de junho a outubro. Cada linha colorida representa um mês específico, facilitando a comparação das variações de temperatura mínima ao longo dos dias e entre os diferentes meses.

### Análise dos Dados:

#### 1. Variação ao Longo dos Meses:

Observa-se uma variação moderada nas temperaturas mínimas entre junho e outubro, com temperaturas geralmente entre 21°C e 26°C na maioria dos dias. Junho e julho (linhas azul e verde) apresentam temperaturas mínimas mais estáveis, sem grandes oscilações, variando em torno de 22°C a 25°C. Agosto (linha vermelha) mostra uma maior variação, com quedas em alguns dias para abaixo de 20°C, sugerindo uma possível flutuação climática nesse mês.

#### 2. Meses com Temperaturas Mínimas Mais Baixas:

Agosto tem algumas das temperaturas mínimas mais baixas do período analisado, com quedas acentuadas, especialmente por volta do dia 9. setembro (linha ciano) e outubro (linha roxa) também apresentam pequenas quedas, mas, em geral, mantêm temperaturas acima de 23°C.

#### 3. Tendência Geral:

A temperatura mínima parece ter uma leve tendência de aumento de junho até outubro, embora com algumas oscilações. Isso pode refletir uma mudança sazonal. Os dias com temperaturas mais baixas em agosto e setembro podem indicar um padrão climático específico para esse período.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise bibliométrica revela que a pesquisa sobre o uso de IoT e Inteligência Artificial na aquaponia é um campo recente e colaborativo, com uma base sólida de referências e um nível significativo de colaboração internacional. Apesar da leve desaceleração na taxa de crescimento de novas publicações, o campo demonstra uma boa repercussão na comunidade científica, indicada pela média de citações por documento. Esses resultados destacam a relevância da tecnologia no aprimoramento de práticas sustentáveis na produção de alimentos, especialmente em regiões como a Amazônia.

O Interesse Variável: O aumento seguido de queda pode indicar que o interesse pelo uso de IoT e Inteligência Artificial na aquaponia teve um período de expansão rápida, mas posteriormente estabilizou ou diminuiu. Impacto da Pandemia: Eventos globais, como pandemias ou guerras, podem ter afetado a produção científica, tanto impulsionando quanto reduzindo o número de publicações em determinados períodos.

A Saturação Temporária: A queda pode também indicar uma possível saturação temporária nas pesquisas ou uma mudança no foco para outras áreas dentro da mesma temática. Em resumo, o gráfico sugere um crescimento inicial na produção científica seguido por um pico e uma posterior desaceleração, o que pode refletir as tendências de pesquisa e os desafios enfrentados pelos pesquisadores na área.

De fato, análise das fontes mais relevantes mostra que a pesquisa sobre IoT e IA na aquaponia é um campo interdisciplinar com contribuições de diferentes áreas, incluindo tecnologia, agricultura e sensoriamento. A revista “Computers and Electronics in Agriculture” se destaca como a principal publicação para esses estudos, enquanto as conferências IEEE também são importantes veículos de disseminação. Isso sugere que pesquisadores desse campo precisam buscar múltiplas fontes e plataformas para se manterem atualizados com os avanços.

Além disso, com a aplicação da Lei de Bradford evidencia que algumas fontes concentram a maior parte da produção científica relevante para o tema, com destaque para “Computers and Electronics in Agriculture”. Essas fontes nucleares são essenciais para pesquisadores interessados em manter-se atualizados com os avanços e estudos no uso de tecnologias emergentes na aquaponia.

E a análise bibliométrica demonstra que o campo possui alguns pesquisadores destacados que contribuem ativamente para o avanço do conhecimento sobre o uso de IoT e IA na aquaponia. A presença de autores com múltiplas publicações indica um núcleo de especialistas comprometidos com a pesquisa no tema, o que sugere uma base sólida para futuros avanços e colaborações científicas. E confirma a aplicação da Lei de Lotka na pesquisa sobre IoT e IA na aquaponia. A maioria dos autores publica apenas um documento, enquanto um pequeno grupo de pesquisadores contribui com mais trabalhos. Essa distribuição é típica em muitas áreas científicas e indica que, embora o campo atraia diversos pesquisadores, apenas alguns se dedicam a longo prazo. Esse núcleo de autores prolíficos provavelmente lidera o avanço e a disseminação do conhecimento na área.

Já a nuvem de palavras revela que a pesquisa sobre IoT e IA na aquaponia está centrada no desenvolvimento de sistemas que permitem o monitoramento e controle de variáveis ambientais críticas, com foco em temperatura, oxigênio dissolvido e qualidade da água. Técnicas de aprendizado de máquina, como redes neurais, são aplicadas para prever condições e otimizar o funcionamento dos sistemas. A presença de termos relacionados a desafios e otimização indica que os pesquisadores estão trabalhando para superar barreiras técnicas e melhorar a eficiência dos sistemas de aquaponia conectados, visando uma produção sustentável.

De forma geral, a rede de colaboração revela uma estrutura fragmentada, com pequenos grupos de pesquisadores colaborando de forma isolada entre si. Embora existam núcleos colaborativos importantes, a ausência de interconexões entre os grupos indica que a pesquisa em IoT e Inteligência Artificial na aquaponia está compartimentalizada. Fomentar colaborações entre esses grupos pode potencialmente enriquecer a área, facilitando a troca de ideias e promovendo inovações mais abrangentes e integradas.

A Figura 11.2, sugere que as temperaturas mínimas diárias entre junho e outubro são relativamente estáveis, com pequenas variações. Agosto é o mês com maior variação e apresenta as temperaturas mínimas mais baixas, enquanto outubro tende a apresentar temperaturas um pouco mais elevadas. Essas informações podem ser úteis para entender a variação climática ao longo desses meses e auxiliar em decisões relacionadas a atividades que dependem da temperatura mínima, como práticas agrícolas e de aquaponia.

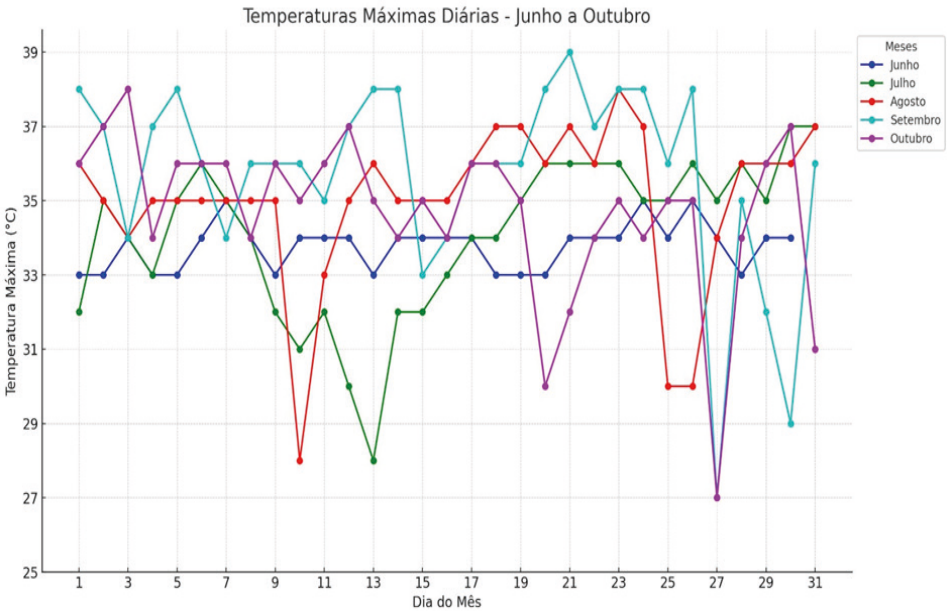


Fig. 11.2 Temperaturas máximas diárias registradas entre os meses de junho e outubro.

Fonte: Autoria própria, 2024.



Além disso, a Figura 11.2 apresenta as temperaturas máximas diárias registradas entre os meses de junho e outubro. Cada cor representa um mês específico, permitindo uma análise comparativa das variações nas temperaturas máximas ao longo dos dias e entre os diferentes meses.

Portanto, a Figura 11.2 revela que as temperaturas máximas são mais estáveis em junho e julho, enquanto agosto, setembro e outubro mostram maior variabilidade. Setembro parece ser o mês com as temperaturas máximas mais altas, possivelmente devido ao efeito de transição sazonal. As flutuações mais intensas em agosto e outubro sugerem que esses meses têm uma maior susceptibilidade a mudanças climáticas repentinas, o que pode impactar atividades sensíveis à temperatura, como agricultura e aquaponia. Esses dados são valiosos para planejar atividades que dependem das temperaturas máximas diárias.

## REFERENCIAS

EMATER. Entidade Autárquica de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia. Piscicultura. [2016?] Disponível em: <http://www.emater.ro.gov.br/ematerro/piscicultura/> Acesso em 28/10/2020.

HOMMA, Alfredo. Política agrícola ou política ambiental para resolver os problemas da Amazônia? Revista de Política Agrícola, v. 19, n. 1, p. 99-105, 2010.

HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Sinergias de mudanças para uma nova agricultura na Amazônia. Amazônia em tempo: estudos climáticos e socioambientais. Belém: Universidade Federal do Pará, p. 51-80, 2015.

HURTIIENNE, Thomas Peter. Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável na Amazônia. Novos cadernos NAEA, v. 8, n. 1, 2008.

IDARON-RO – Agência de Defesa Sanitária Agrosilvopastoril DO ESTADO DE RONDÔNIA. 2013. Disponível em: [www.pciconcursos.com.br/.../idaron-agencia-de-defesa-sanitaria-agrosilvopastoril-ro-396](http://www.pciconcursos.com.br/.../idaron-agencia-de-defesa-sanitaria-agrosilvopastoril-ro-396). Acesso em 28/10/2020.

MACINTOSH, D.J.; PHILLIPS, M.J. Environmental issues in shrimp farming in: Shrimp'92 (eds. H.C. Saram & T. Singh). Proceeding of the 3rd global conference on the shrimp industry, infofish, Kuala Lumpur, 1992.

MEDEIROS, Edison Lucas de. História da Evolução Sócio-Política de Rondônia. Porto Velho. Editora, 2004.

POERSH, L.H.; ALMEIDAM, M.; GAONA, C.A. et al. Bioflocos: Uma alternativa econômica viável para produtores de camarão em viveiro. Panorama da Aquicultura, p.37, 2012.

PROCHMANN, Angelo Mateus; MICHELS, Ido Luiz. Estudo das Cadeias Produtivas de Mato Grosso do Sul - Piscicultura. Governo do Estado do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2003, 152 p.

RACKOY, J.; MASSER, M.; LOSORDO, T. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. SRAC Publication, v.454, p.1-16, 2006.

SILVA, Amizael Gomes da. Amazônia Porto velho. Rondônia. Palmares, 1991.

VENÂNCIO, R. & QUEIROZ, J.F. A relação do uso de rações com o ambiente. Alimentação Animal, 1998.

XAVIER, Raica Esteves; DÓRIA, Carolina Rodrigues da Costa. Caracterização e prospecção da cadeia produtiva da piscicultura no Estado de Rondônia. 2013.

# MODELOS MISTOS NA ANÁLISE DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO

*Data de submissão: 07/01/2025*

*Data de aceite: 05/03/2025*

### **Leonardo Ribeiro**

Universidade Federal de São Carlos -  
UFSCar, São Carlos, SP, Brasil

### **Murilo Mesquita Baesso**

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de  
Alimentos, Universidade de São Paulo -  
USP, Pirassununga, SP, Brasil

### **Jamile Raquel Regazzo**

Escola Superior de Agricultura Luiz de  
Queiroz, Universidade de São Paulo -  
USP, Piracicaba, SP, Brasil

### **Cíntia Cristina Soares**

Escola Superior de Agricultura Luiz de  
Queiroz, Universidade de São Paulo -  
USP, Piracicaba, SP, Brasil

### **Luís Fernando Soares Zuin**

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de  
Alimentos, Universidade de São Paulo -  
USP, Pirassununga, SP, Brasil

### **Daiane Aparecida Zuanetti**

Universidade Federal de São Carlos -  
UFSCar, São Carlos, SP, Brasil

**Financiamentos:** Esse estudo foi financiado pela FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) no projeto número 2024/00413-8, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ - código 001,

Coordenação de Aperfeiçoamento de  
Pessoal de Nível Superior - CAPES -  
Code 001 e pela Fundação de Estudos  
Agrários Luiz de Queiroz - FEALQ.

**RESUMO:** O solo é fundamental para a agricultura, sendo essencial para o desenvolvimento das plantações, e sua qualidade tem sido amplamente avaliada através da sua resistência mecânica devido à rapidez e facilidade de uso. Este estudo, portanto, investiga através dos modelos mistos de que forma os fatores como área, umidade e tipo de penetrômetro influenciam a resistência mecânica do solo. Os modelos mistos são brevemente descritos e aplicados em 1103 unidades experimentais utilizando o software R. Os resultados indicam que os fatores área, umidade e tipo de penetrômetro, bem como suas interações, são significativos para explicar a resistência média do solo. O penetrômetro de impacto apresentou as maiores resistências médias, enquanto o manual mostrou as menores. Solos encharcados exibiram menor resistência comparados a solos secos e úmidos. O modelo linear misto mostrou bom ajuste e suposições diagnósticas adequadas, identificando algumas observações atípicas nas áreas 4 e 5.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise do solo; fatores de risco e proteção; efeitos aleatórios.

## MIXED MODELS IN THE ANALYSIS OF SOIL MECHANICAL STRENGTH

**ABSTRACT:** Soil is fundamental to agriculture, being essential for the development of crops, and its quality has been widely assessed through its mechanical resistance due to its speed and ease of use. This study, therefore, investigates through mixed models how factors such as area, moisture and type of penetrometer influence soil mechanical resistance. The mixed models are briefly described and applied in 1103 experimental units using the R software. The results indicate that the factors area, moisture and type of penetrometer, as well as their interactions, are significant in explaining the average soil resistance. The impact penetrometer showed the highest average resistances, while the manual penetrometer showed the lowest. Waterlogged soils exhibited lower resistance compared to dry and moist soils. The linear mixed model showed good fit and adequate diagnostic assumptions, identifying some atypical observations in areas 4 and 5.

**KEYWORDS:** Soil analysis; risk and protective factors; random effects.

## INTRODUÇÃO

Em termos econômicos, a agricultura é um dos setores mais responsáveis pelo crescimento do PIB no país, sendo que ela corresponde a 21% de todas as riquezas nacionais produzidas, um quinto de todos os empregos e 43.2% das exportações brasileiras, chegando a US\$ 96.7 bilhões em 2019 (Embrapa, 2020). Com o passar dos anos, a produção alimentícia também apresentou um amplo crescimento, sendo que ao longo das últimas quatro décadas a produção de grãos exibiu um aumento de 510% (232.6 milhões de toneladas) e a produção de carnes obteve um salto de 858% (27.9 milhões de toneladas). Além dessas, outras produções também alcançaram grandes saltos de produtividade (Embrapa, 2020).

A principal matéria-prima para a agricultura é o solo que é essencial para o desenvolvimento das plantações devido à sua riqueza em nutrientes e suas funções (filtragem d'água, decomposição de resíduos, armazenamento de calor e troca de gases). Em razão dessa importância, é vital que haja um grande cuidado na conservação desse recurso para que seja possível aplicar uma agricultura produtiva e sustentável (Brasil, 2020).

O Brasil detém uma vasta diversidade de tipos de solo e cada um necessita de uma atenção especial para que a boa qualidade dessa matéria-prima seja mantida. Entretanto, o que vem acontecendo atualmente é a degradação desse recurso. De acordo com um relatório recente das Nações Unidas, quase um terço das terras cultiváveis do mundo desapareceu nas últimas quatro décadas. Também foi identificado que todo o solo superficial do mundo poderá se tornar improdutivo dentro de 60 anos se as taxas atuais de perda continuarem (Brasil, 2020).

Com o desenvolvimento mecânico da agricultura, o número de máquinas de grande porte intensificou-se sobre o solo das lavouras (Hussein *et al.*, 2023). Por conta disso, acentuou-se uma das principais causas da degradação desse recurso, a compactação. O excesso de manipulação do solo por uso constante de máquinas agrícolas e pisoteio de animais pesados faz com que, devido à pressão causada, ocorra uma diminuição do seu volume não saturado, causando assim, a expulsão do ar do solo e, consequentemente, um aumento de densidade.

A compactação leva ao aumento da resistência mecânica do solo no crescimento das raízes das plantas (Colombi e Keller, 2019). Devido ao aumento de densidade causada pela pressão no solo, seu rompimento pelas raízes das plantas na profundidade fica prejudicado e, em muitos casos, a planta não consegue crescer sua raiz totalmente, além de ocorrer a diminuição do ar no solo. Isso pode causar uma morte nas raízes por asfixia e também ter um baixo acesso à água e nutrientes, ocasionando no não crescimento da planta (Akhmetov *et al.*, 2024).

Uma das técnicas mais utilizadas para a avaliação do solo é a análise da sua resistência mecânica à penetração. Essa técnica é a preferida para esse processo pela rapidez na verificação e pelo fácil manuseamento da ferramenta utilizada: o penetrômetro. Menezes (2018) relata um projeto e resultados conduzidos com o objetivo de comparar os diferentes tipos de penetrômetros, além de investigar a influência de características texturais, estrutura e umidade nas leituras da resistência mecânica do solo à penetração. O pesquisador realiza uma análise de variância (ANOVA) para a obtenção de seus resultados considerando independência entre os dados. Porém, os dados são dependentes, por se tratar de medições em diferentes profundidades no mesmo solo e local, e a metodologia adotada pode não ser adequada. Um dos modelos mais tradicionais e flexíveis para analisar dados dependentes de medidas repetidas ou longitudinais é o modelo misto (Singer *et al.*, 2018; Zhang, 2015).

O modelo misto é um modelo de regressão que considera seus coeficientes de maneira fixa e aleatória. Pressupor esses tipos de coeficientes permite uma correlação entre as variáveis respostas de uma mesma unidade experimental, ou seja, uma dependência nos dados. Também permite variâncias heterogêneas para diferentes observações e, consequentemente, uma melhor precisão nos resultados e fácil interpretabilidade (Visalli *et al.*, 2024).

Dessa maneira, este trabalho tem como objetivo comparar a performance dos penetrômetros e também verificar a influência de características como umidade, tipo de solo e profundidade nas leituras da resistência mecânica do solo à penetração por meio da utilização do modelo misto. O conjunto de dados a ser analisado é o citado acima e disponível em Menezes (2018).

Este relatório está organizado como a seguir. A Seção 2 apresenta e descreve as principais características dos modelos mistos, metodologia estatística a ser utilizada nesse estudo. A Seção 3 mostra como foram coletados os dados, as variáveis a serem trabalhadas no decorrer do estudo e, por último, exibe uma análise inicial para os efeitos principais, algumas interações duplas e triplas. A Seção 4 apresenta os principais resultados e, finalmente, na Seção 5 apresentamos as conclusões e estudos futuros.

## MODELOS MISTOS

Alguns modelos estatísticos assumem que os dados não possuem correlação entre si, ou seja, há independência entre eles, e também, que os erros são provenientes de uma distribuição  $Normal(0, \sigma^2)$ , em que  $\sigma^2$  é um número real positivo e constante. Porém, o trabalho tem como intuito analisar medições em 8 camadas de profundidade diferentes em determinados solos e locais. Conduzir esse experimento, nessas condições, não nos garante que os dados são independentes pois são longitudinais em relação às profundidades consideradas nas medições e esses apresentam uma certa correlação entre as camadas, principalmente as adjacentes. Além disso, podemos ter heterocedasticidade nas medições por causa dos níveis de profundidade e compactações do solo observadas em cada nível. Nesse cenário, a princípio, o modelo misto apresenta as propriedades adequadas para descrever o conjunto de dados e também possui parâmetros de fácil interpretação.

O modelo misto é um modelo de regressão que apresenta efeitos fixos e aleatórios. Os efeitos fixos são vistos como parâmetros desconhecidos, entretanto, comuns a todas as observações e que impactam na média da variável resposta. Já os aleatórios, são vistos como uma variável aleatória podendo resultar em qualquer valor para cada unidade amostral, além de impactarem diretamente na variância da variável de interesse. O modelo, para cada unidade amostral, pode ser representado pela Equação (1) como:

$$\mathbf{Y}_i = \mathbf{X}_i \times \boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_i \times \mathbf{b}_i + \mathbf{e}_i, \text{ para } i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

$\begin{matrix} m_i \times 1 & & m_i \times p & & p \times 1 & + & m_i \times q & & q \times 1 & & m_i \times 1 & & m_i \times 1 \end{matrix}$

em que  $\mathbf{Y}_i$  é o vetor aleatório com as variáveis respostas da  $i$ -ésima unidade amostral com dimensão  $(m_i \times 1)$  e  $m_i$  é o número de observações nessa unidade amostra;  $\boldsymbol{\beta}$  é o vetor de efeitos fixos do modelo com dimensão  $(p \times 1)$ ;  $\mathbf{X}_i$  é a matriz de planejamento associada a  $\boldsymbol{\beta}$  com dimensão  $(m_i \times p)$ , e contém as observações das covariáveis associadas a efeitos fixos da  $i$ -ésima unidade amostral;  $\mathbf{b}_i$  é o vetor dos efeitos aleatórios associados à  $i$ -ésima unidade amostral com dimensão  $(q \times 1)$ , tradicionalmente assumimos que  $\mathbf{b}_i \sim Normal_q(\mathbf{0}, \mathbf{G})$  e  $\mathbf{G}$  é a matriz de covariâncias para os efeitos aleatórios;  $\mathbf{Z}_i$  é a matriz de planejamento associada a  $\mathbf{b}_i$  com dimensão  $(m_i \times q)$ , e contém as covariáveis associadas a efeitos aleatórios da  $i$ -ésima unidade amostral;  $\mathbf{e}_i$  é o vetor dos erros aleatórios da  $i$ -ésima unidade amostral com dimensão  $(m_i \times 1)$ , geralmente assumimos que  $\mathbf{e}_i \sim Normal_{m_i}(\mathbf{0}, \mathbf{R}_i)$ ,  $\mathbf{R}_i = \sigma^2 \mathbf{I}_{m_i}$  e  $\mathbf{I}$  é a matriz identidade.

Freqüentemente, adotamos a independência entre  $\mathbf{b}_i$  e  $\mathbf{e}_i$  para obtermos a média e variância do vetor de variáveis respostas facilmente. A normalidade nos erros e nos efeitos aleatórios também é tradicional por conta de ser uma distribuição muito conhecida, possuir propriedades desejáveis e termos um domínio algébrico sobre ela. Sob essas suposições, a esperança marginal de  $\mathbf{Y}_i$  é  $E(\mathbf{Y}_i) = \mathbf{X}_i\boldsymbol{\beta}$  e sua variância marginal é  $V(\mathbf{Y}_i) = \boldsymbol{\Omega}_i = \mathbf{Z}_i\mathbf{G}\mathbf{Z}_i^T + \sigma^2\mathbf{I}_{m_i}$ .

Podemos então notar que a variância marginal é uma soma de dois termos. O primeiro modela a dispersão dos perfis individuais de resposta em torno de um perfil médio definido pela parte fixa do modelo, enquanto o segundo termo da soma é relacionado com a dispersão dos valores observados em torno dos perfis individuais, isto é, a variabilidade das observações dentro de cada perfil (Singer *et al.*, 2018).

Como, para esse estudo, foram coletadas medições em 8 camadas de profundidade diferentes de solo, espera-se ter uma correlação (associação) entre as resistências observadas nessas camadas. Em termos do problema em questão,  $m_i = 8$  e o  $q$ , número de efeitos aleatórios, será definido mediante análise descritiva dos dados e discutido mais à frente. Também é necessário definir a estrutura da matriz  $\mathbf{G}$ , ou seja, definir como as variâncias e covariâncias entre os efeitos aleatórios se comportam. Existem várias estruturas possíveis para  $\mathbf{G}$  visando estimar um modelo mais adequado mesmo com uma grande quantidade de parâmetros. Daremos mais detalhes da estrutura de covariância escolhida no decorrer do texto. Estruturas de covariância diferentes da homocedástica e independente também podem ser assumidas para os erros aleatórios.

Outro ponto a se destacar é a escolha dos efeitos fixos e aleatórios. Essa decisão não é simples, nem única e depende de outros fatores, tais como o tipo de estudo, objetivo do pesquisador e contexto dos dados. Alguns itens a serem considerados são:

- os efeitos que parecem ser constantes para toda a população são considerados fixos e aqueles que devem variar entre as unidades amostrais são aleatórios;
- colocar muitos efeitos aleatórios no modelo faz com que aumente a dificuldade para estimá-los. Por conta disso, muitos estudos consideram apenas o intercepto como efeito aleatório;
- é interessante ajustar diversos modelos e, via critério de seleção e análise de diagnóstico, escolher aquele que parece ser mais adequado para os dados trabalhados; e
- uma covariável pode apresentar efeitos tanto fixos quanto aleatórios simultaneamente. Assim, em geral, atribuímos efeitos fixos a todas as covariáveis, enquanto algumas delas também são designadas para ter efeitos aleatórios.

Vimos anteriormente no Modelo (1), o modelo misto para as medidas associadas a apenas uma das perfurações (unidade amostral) feitas no solo com diferentes profundidades observadas. Singer *et al.* (2018) apresenta o modelo compactado, dessa vez com todas as perfurações em que foram coletadas as amostras do estudo e também com a suposição de que  $\mathbf{b}$  é independente de  $\mathbf{s}$ . O modelo completo é definido por

$$\mathbf{Y}_{N \times 1} = \mathbf{X}_{N \times p} \times \boldsymbol{\beta}_{p \times 1} + \mathbf{Z}_{N \times nq} \times \mathbf{b}_{nq \times 1} + \mathbf{e}_{N \times 1}, \quad (2)$$

em que  $\mathbf{Y} = (\mathbf{Y}_1^T, \dots, \mathbf{Y}_n^T)^T$  com dimensão  $(N \times 1)$ ,  $N = m_1 + m_2 + \dots + m_n$ , contém as respostas das  $n$  unidades amostrais;  $\boldsymbol{\beta}$  é o vetor de efeitos fixos do modelo com dimensão  $(p \times 1)$ ;  $\mathbf{X} = (\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_n)^T$  com dimensão  $(N \times p)$ , é a matriz de planejamento associada a  $\boldsymbol{\beta}$  e contém as covariáveis associadas a efeitos fixos;  $\mathbf{b} = (\mathbf{b}_1^T, \dots, \mathbf{b}_n^T)^T$ , com dimensão  $(nq \times 1)$ , é o vetor dos efeitos aleatórios associados às  $n$  unidades amostrais,  $\mathbf{b} \sim \text{Normal}_{nq}(\mathbf{0}, \boldsymbol{\Gamma})$  em que  $\boldsymbol{\Gamma} = \mathbf{I}_n \otimes \mathbf{G}$  e  $\otimes$  representa o produto de Kronecher;  $\mathbf{Z} = \bigoplus_{i=1}^n \mathbf{Z}_p$  com dimensão  $(N \times nq)$ , é a matriz de planejamento associada a  $\mathbf{b}$  e contém as covariáveis associadas a efeitos aleatórios, em que  $\bigoplus$  representa a soma direta de matrizes; e  $\mathbf{e} = (\mathbf{e}_1^T, \dots, \mathbf{e}_n^T)^T$ , com dimensão  $(N \times 1)$ , é o vetor dos erros aleatórios das  $n$  unidades com dimensão  $(m_i \times 1)$ ,  $\mathbf{e} \sim \text{Normal}_N(\mathbf{0}, \mathbf{R})$  com  $\mathbf{R} = \bigoplus_{i=1}^n \mathbf{R}_i$ .

Existem diversos métodos de estimação do modelo apresentado em (2), o método de máxima verossimilhança (MV) e o de máxima verossimilhança restrita (MVR) os mais tradicionais. O método de máxima verossimilhança restrita foi proposto por Patterson e Thompson (1971). O método consiste em maximizar a verossimilhança de uma transformação linear ortogonal dos dados com o objetivo de estimar termos da variância. A transformação utilizada é  $\mathbf{Y}^t = \mathbf{U}^T \mathbf{Y}$  em que, no geral, usamos  $\mathbf{U} = \mathbf{I} - \mathbf{X}(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T$  e com dimensão  $(N \times N)$  para se obter a verossimilhança restrita. Além disso, temos  $E(\mathbf{Y}^t) = \mathbf{0}$ ,  $\mathbf{U}^T \mathbf{X} = \mathbf{0}$  e  $\mathbf{Y}^t \sim \text{Normal}_N(\mathbf{0}, \mathbf{U}^T \boldsymbol{\Omega} \mathbf{U})$ , ou seja, a distribuição marginal de  $\mathbf{Y}^t$  não depende de  $\boldsymbol{\beta}$ . Mais detalhes do processo de estimação podem ser encontrados em Zhang (2015) e Singer *et al.* (2018).

Os preditores dos efeitos aleatórios podem ser encontrados por meio da distribuição conjunta de  $\mathbf{Y}$  e  $\mathbf{b}$  dada por

$$f(\mathbf{y}, \mathbf{b}) = f(\mathbf{y}|\mathbf{b})f(\mathbf{b}), \quad (3)$$

em que  $\mathbf{Y}|\mathbf{b} \sim \text{Normal}_N(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{b}, \mathbf{R})$  e  $\mathbf{b} \sim \text{Normal}_{nq}(\mathbf{0}, \boldsymbol{\Gamma})$ .

No software R, um modelo misto pode ser estimado por MV ou MVR usando o pacote *nlme* de Pinheiro *et al.* (2023). Geralmente, se a convergência for alcançada, os métodos apresentam soluções muito semelhantes.

## O EXPERIMENTO E OS DADOS

O experimento, por meio do qual os dados analisados foram extraídos, foi realizado na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo (USP), localizada no município paulista de Pirassununga. Cinco áreas quadradas distribuídas na Prefeitura do Campus USP Fernando Costa (PUSP-FC), com lados de 5 metros, diferentes e classificadas como latossolo vermelho eutroférico, ricas em óxido férrico, altamente férteis e com histórico de cultivo foram utilizadas com o intuito de avaliar a resistência mecânica do solo à penetração em MPa (variável resposta de interesse).

Os dados foram coletados entre outubro de 2016 e março de 2017. Nessa coleta, em cada área, foram utilizados três níveis de umidade (S - seco, U - úmido e E - encharcado) para verificar a resistência mecânica do solo em situações diferentes do dia a dia. Além disso, três tipos diferentes de penetrômetros (I - impacto, M - manual e A - automático) foram usados nas medições em 8 camadas de profundidade distantes em 5 cm entre 0 e 40 cm. O experimento apresenta 30 repetições por combinação de área, penetrômetro, umidade do solo e camada de profundidade, totalizando 10800 observações.

Apesar de inicialmente termos um experimento balanceado, foram descartadas todas as réplicas com pelo menos uma camada com resistência do solo à penetração igual ou superior a 6.5 MPa e também as medições do penetrômetro de impacto com resultado igual a 0. Com isso, o experimento totaliza 8824 observações ( $N = 8824$ ) em 1103 unidades amostrais.

Os fatores e covariáveis disponíveis para a análise são, então:

- Área: local onde o experimento é realizado (1 a 5);
- Umidade: nível de quantidade de água no solo (seco, úmido ou encharcado);
- Penetrômetro: ferramenta utilizada nas medições da resistência mecânica do solo à penetração (impacto, manual ou automático); e
- Profundidade (em centímetros): nível de profundidade na qual ocorreu a medição em relação ao solo (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40).

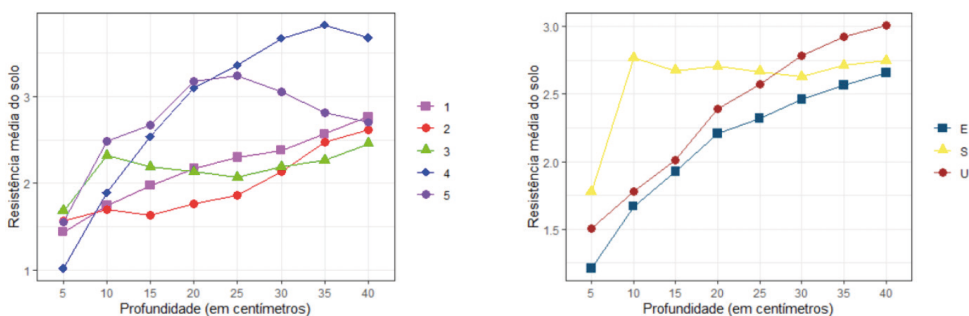


Figura 1: Gráfico de linhas para a resistência mecânica média do solo à penetração entre as interações duplas envolvendo as profundidades (5 a 40) com as áreas (1 a 5) e umidades (E, S e U), respectivamente.



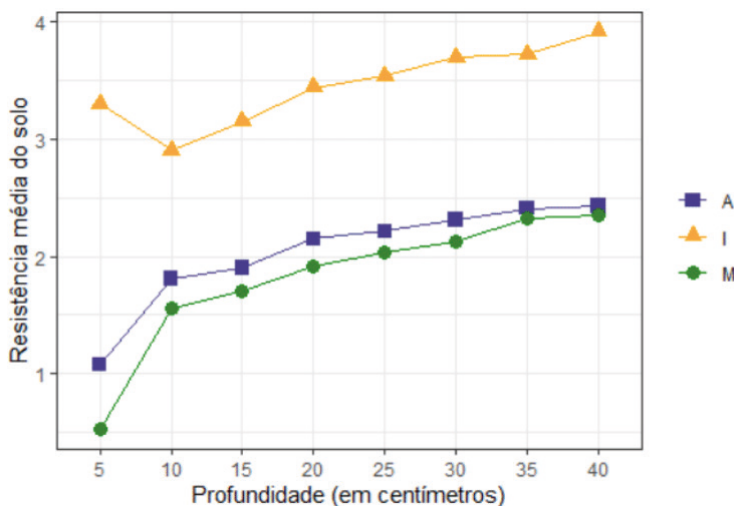


Figura 2: Gráfico de linhas para a resistência mecânica média do solo à penetração entre as interações duplas envolvendo as profundidades (5 a 40) com os penetrômetros (A, I e M).

As Figuras 1 e 2 apresentam uma análise gráfica dos dados. Pela Figura 1, temos um indicativo de que, em média, as áreas 1, 2 e 3 apresentam um comportamento parecido conforme a profundidade (em centímetros) aumenta e aparentemente linear ou levemente de forma logarítmica. A área 4 possui uma resistência mecânica média do solo à penetração maior em maiores profundidades e a área 5 possui resistência mecânica média maior do que 1, 2 e 3 a partir de 15 cm.

Ainda na Figura 1, temos um indicativo de que o solo seco (S) inicialmente apresenta uma resistência mecânica média bem maior que os outros tipos de umidade, porém, essa resistência mecânica média fica constante a partir de 10 centímetros de profundidade e, por conta disso, a partir dos 25 centímetros o solo seco apresenta resistência mecânica média parecida com os demais e, também, nos pontos de maior profundidade possui valores menores que o solo úmido (U). Já os solos úmido (U) e encharcado (E) possuem o mesmo comportamento crescente e linear na resistência mecânica média do solo à penetração com o aumento da profundidade, sendo o solo úmido o que sempre apresenta resistência mecânica média maior.

Por último, na Figura 2, temos um indicativo que, em média, o penetrômetro de impacto (I) possui resistência mecânica média do solo à penetração muito maior do que os outros dois em qualquer camada de profundidade. Já os penetrômetros automático e manual (A e M, respectivamente) possuem comportamentos médios semelhantes conforme aumenta a profundidade.

## RESULTADOS

Um modelo misto com apenas o intercepto como efeito aleatório ( $q = 1$  e  $\mathbf{Z}_i$  se resume a um vetor coluna do valor 1) e estrutura de covariância autoregressiva entre os erros aleatórios foi, então, ajustado para modelar o logaritmo da resistência mecânica do solo à penetração adicionando 1 unidade de MPa para as 1103 unidades experimentais do banco de dados. Outros modelos considerando a profundidade também como efeito aleatório e outras estruturas de covariância para os erros foram ajustados, mas esse se mostrou o mais adequado aos dados.

Utilizando o método de estimação de máxima verossimilhança restrita (MVR), os resultados em relação aos efeitos fixos podem ser vistos na Tabela 1.

Pela Tabela 1, temos evidências de que, com um nível de significância de 5% e utilizando o teste de Wald, apenas o efeito principal para a categoria Área 4 e a interação dupla Área 5 e Prof. 30 não foram significativos para explicar o logaritmo da variável resposta. Em contrapartida, os demais efeitos foram fortemente significativos, visto que cada efeito possui um valor-p praticamente igual a 0.

A análise da resistência mecânica à penetração revelou padrões distintos nas diferentes áreas de estudo. As áreas 1, 2 e 3 apresentaram menor resistência média, enquanto a área 5 é a que apresenta maior resistência, em média. Em relação aos métodos de medição, o penetrômetro manual exibe os valores mais baixos de resistência mecânica em média, enquanto o método de impacto registra os valores mais elevados. Quanto às condições do solo, observou-se que os solos encharcados apresentam as menores resistências médias, seguidos pelos solos úmidos e secos. Além disso, a resistência média aumenta com a profundidade. A interação entre área 4 e 5 e profundidade influenciam significativamente os resultados, explicando por que o efeito principal da área 4 não foi estatisticamente significativo. Nas profundidades iniciais, o comportamento médio da área 4 assemelha-se ao das áreas 1, 2 e 3, sugerindo uma complexidade adicional nos padrões observados.

	Estimativa	Erro padrão	Graus de liberdade	Estatística teste	Valor-p
Intercepto	0.4872	0.0162	7710	30.1211	$<2 \times 10^{-16}$
Área 4	0.0251	0.0206	1096	1.2164	0.2241
Área 5	0.2413	0.0194	1096	12.4221	$<2 \times 10^{-16}$
Penet. Impacto	0.5017	0.0151	1096	33.2354	$<2 \times 10^{-16}$
Penet. Manual	-0.1139	0.0136	1096	-8.3736	$<2 \times 10^{-16}$
Umid. Seco	0.2438	0.0146	1096	16.6773	$<2 \times 10^{-16}$
Umid. Úmido	0.1300	0.0137	1096	9.5013	$<2 \times 10^{-16}$
Profundidade	0.0155	0.0004	7710	39.0851	$<2 \times 10^{-16}$
Área 4 e Prof. 20	0.1361	0.0168	7710	8.0997	$6.35 \times 10^{-16}$

Área 4 e Prof. 25	0.1655	0.0219	7710	7.5590	$4.53 \times 10^{-14}$
Área 4 e Prof. 30	0.2027	0.0250	7710	8.1115	$5.77 \times 10^{-16}$
Área 4 e Prof. 35	0.1982	0.0272	7710	7.2877	$3.47 \times 10^{-13}$
Área 4 e Prof. 40	0.1068	0.0289	7710	3.6919	0.0002
Área 5 e Prof. 20	0.0937	0.0156	7710	5.9949	$2.13 \times 10^{-9}$
Área 5 e Prof. 25	0.0576	0.0204	7710	2.8208	0.0048
Área 5 e Prof. 30	-0.0410	0.0234	7710	-1.7534	0.0796
Área 5 e Prof. 35	-0.1640	0.0255	7710	-6.4345	$1.31 \times 10^{-10}$
Área 5 e Prof. 40	-0.2614	0.0272	7710	-9.6063	$<2 \times 10^{-16}$

Tabela 1: Estimativas pontuais e o valor da estatística e do valor-p para o teste Wald de significância de cada efeito.

O desvio padrão para o intercepto aleatório foi de  $2.6832 \times 10^{-5}$  e dos erros aleatórios 0.2876. Como os efeitos aleatórios impactam diretamente na variância da variável resposta, o objetivo é que não tenha um desvio padrão muito próximo de zero (porque nesse caso os valores preditos dos efeitos são todos praticamente nulos) e não ser muito inferior ao desvio dos erros, pois assim ele pode não ser relevante para explicar a associação entre as observações. Aqui, observa-se que o desvio padrão do intercepto aleatório é bem baixo em relação ao desvio dos erros e isso talvez tenha acontecido por conta da estrutura autoregressiva de covariância escolhida para os erros. Durante o ajuste do modelo, foram realizados vários testes na busca de modelos diferentes e, talvez, mais adequados. Apesar de não serem mostrados aqui, um modelo sem a estrutura autoregressiva na covariância dos erros aleatórios foi estimado, o desvio padrão do intercepto aleatório aumentou consideravelmente, mas outras métricas de qualidade ficaram piores. De qualquer maneira, o intercepto aleatório (apesar de apresentar baixo valor de desvio padrão estimado) ainda é relevante para esse modelo.

As estimativas dos parâmetros da matriz de covariância autoregressiva para os erros aleatórios foi  $\sigma^2 = 0.083$  (desvio padrão de 0.2876 como acima) e coeficiente de correlação de 0.696 entre erros de medidas adjacentes. A estimativa da correlação evidencia uma correlação positiva moderada a forte entre os erros de medições adjacentes. Na Tabela 2 temos, nas linhas e nas colunas, as profundidades em que foram feitas as medições das observações sendo 1 a profundidade de 5 centímetros e 8 a de 40 centímetros. Observa-se que  $R_i$  apresenta maiores covariâncias entre os erros de profundidades mais próximas, quando observado linha a linha, e menores covariâncias entre erros de medições mais distantes. Esse comportamento era o desejado na escolha da estrutura autoregressiva para a matriz de covariâncias.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.0827	0.0576	0.0401	0.0279	0.0194	0.0135	0.0094	0.0065
2	0.0576	0.0827	0.0576	0.0401	0.0279	0.0194	0.0135	0.0094
3	0.0401	0.0576	0.0827	0.0576	0.0401	0.0279	0.0194	0.0135
4	0.0279	0.0401	0.0576	0.0827	0.0576	0.0401	0.0279	0.0194
5	0.0194	0.0279	0.0401	0.0576	0.0827	0.0576	0.0401	0.0279
6	0.0135	0.0194	0.0279	0.0401	0.0576	0.0827	0.0576	0.0401
7	0.0094	0.0135	0.0194	0.0279	0.0401	0.0576	0.0827	0.0576
8	0.0065	0.0094	0.0135	0.0194	0.0279	0.0401	0.0576	0.0827

Tabela 2: Estimativa da matriz  $\mathbf{R}_r$

Para verificar a adequabilidade do modelo ajustado e a veracidade das suposições assumidas em relação aos erros e efeitos aleatórios, várias análises de diagnóstico foram realizadas. Entre elas, análise dos resíduos condicionais padronizados via gráficos de dispersão e histograma, gráfico quantil-quantil da distribuição normal e histograma para os resíduos com confundimento mínimo padronizados, histograma e boxplot dos valores preditos dos efeitos aleatórios, análise de pontos atípicos, entre outras. Aqui não mostramos no detalhe essas análises, mas elas podem ser observadas em Ribeiro (2024). No geral, as suposições do modelo ajustado estão satisfeitas e, apesar de ter observações atípicas, elas representam 0,75% da quantidade de observações e geralmente acontecem em combinação de áreas e profundidades que, pela análise descritiva, já mostravam um comportamento diferente do comportamento médio das demais observações.

Um modelo linear generalizado misto (GLMM), assumindo distribuição gama para a variável resposta na sua escala original (sem a transformação logarítmica) foi ajustado para comparação e apresentou resultados semelhantes aos apresentados por aqui, com maior complexidade de interpretação e conclusão.

## DISCUSSÃO

Nesse trabalho, apresentamos a metodologia de modelos mistos, além de toda sua estrutura matemática e de estimação para o uso em uma aplicação de dados de solo. Essa técnica de modelagem foi utilizada por conta das características das observações feitas em cada perfuração do solo, que se tratam de dados longitudinais medidos em níveis de profundidades distintos porém na mesma posição do solo.

O modelo linear misto foi ajustado e, através dele, concluímos que os fatores: área, umidade e penetrômetro e as interações duplas entre as áreas 4 e 5 com as profundidades de 20 a 40, com exceção da interação entre área 5 e profundidade 30, foram significativos para explicar o logaritmo da resistência mecânica do solo à penetração.

Pelas estimativas associadas aos penetrômetros de impacto e manual, podemos constatar que os três tipos da ferramenta são diferentes em relação à resistência mecânica média observada. O penetrômetro de impacto é o que apresenta, em média, os maiores valores de resistência mecânica. Esta observação está alinhada com estudos anteriores que destacam a influência e importância da seleção do equipamento nas avaliações de compactação do solo. Zhang *et al.* (2024), por exemplo, discutem a necessidade de estudos relacionados à compactação do solo e a escolha das ferramentas necessárias, visto que ela afeta a absorção de nutrientes pelas culturas, dificulta o crescimento das raízes, causa crescimento atrofiado das culturas, leva à descoloração das folhas e reduz a altura das plantas, afetando, em última análise, o rendimento das culturas. Em adição, o impacto da umidade do solo na resistência foi evidente em nosso estudo, com solos secos exibindo a maior resistência.

Além disso, o modelo apresentou um bom ajuste para o logaritmo da resistência do solo à penetração, uma vez que pela análise de diagnóstico, observamos que suas suposições foram satisfatoriamente atendidas. Observações e perfurações atípicas e discrepantes também foram identificadas, mas elas representam uma quantidade muito pequena dentro do conjunto de dados analisado. Geralmente, elas estão presentes na área 4 e 5 e seria interessante avaliar se essas áreas possuem, de fato, alguma característica diferente ou se tivemos algum problema de medição nelas.

Pesquisas futuras devem considerar a expansão do estudo para várias regiões geográficas e tipos de solo, o que ajudaria a validar e ampliar as descobertas deste trabalho em diferentes condições ambientais. Além disso, explorar o impacto de vários fatores, como a compactação do solo de diferentes tipos de máquinas agrícolas e sua interação com a umidade e resistência do solo, forneceria resultados mais profundos. Incorporar tecnologias emergentes, como sensores de umidade em tempo real e modelos preditivos, poderia aprimorar ainda mais a pesquisa, permitindo análises mais dinâmicas e precisas das condições do solo.

## REFERÊNCIAS

Akhmetov, A., Akhmedov, S., e Ishchanov, J. (2024). Investigating the impact of speed and tire pressure of a wheel tractor on soil properties: A case study in Northeastern Uzbekistan. *AgriEngineering*, 6(3), 2067.

Brasil, C. (2020). O solo: patrimônio essencial da agricultura. <https://croplifebrasil.org/noticias/o-solo-patrimonio-essencial-da-agricultura/>. Acessado em: 13-07-2023.

Colombi, T. e Keller, T. (2019). Developing strategies to recover crop productivity after soil compaction – A plant eco-physiological perspective. *Soil and Tillage Research*, 191, 156–161.

Embrapa (2020). *VII Plano Diretor da Embrapa 2020-2030*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 1ª edição.

Hussein, S. A., Hussein, M. A., e Al-Rijabo, S. A. (2023). Mechanization assessment of soil compaction induced by traffic of farm machinery. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, volume 1214, page 012051. IOP Publishing.

Menezes, T. A. V. (2018). *Comparação entre três penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração de um latossolo vermelho eutroférico*. Ph.D. thesis, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

Patterson, H. D. e Thompson, R. (1971). Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika*, **58**(3), 545–554.

Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Deepayan, S., authors, E., Heisterkamp, Siem Willigen, B. V., Ranke, J., e Team, R. C. (2023). *Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R Core Team (R-core at R-project.org), <https://svn.r-project.org/R-packages/trunk/nlme/>. Version 3.1-162.

Ribeiro, L. (2024). *Comparação de penetrômetros e identificação de fatores na resistência mecânica do solo à penetração via modelos mistos*. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Estatística), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/19294>.

Singer, J. M., Nobre, J. S., e Rocha, F. M. (2018). *Análise de dados longitudinais*. São Paulo, SP. Universidade de São Paulo - Departamento de Estatística.

Visalli, A., Montefinese, M., Viviani, G., Finos, L., Vallesi, A., e Ambrosini, E. (2024). lmeEEG: Mass linear mixed-effects modeling of EEG data with crossed random effects. *Journal of Neuroscience Methods*, **401**, 109991.

Zhang, B., Jia, Y., Fan, H., Guo, C., Fu, J., Li, S., Li, M., Liu, B., e Ma, R. (2024). Soil compaction due to agricultural machinery impact: A systematic review. *Land Degradation & Development*, **35**(10), 3256–3273.

Zhang, X. (2015). A tutorial on restricted maximum likelihood estimation in linear regression and linear mixed-effects model. <https://xiuming.info/docs/tutorials/reml.pdf>.

# MÉTODOS DE PURIFICACIÓN Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN EL ACEITE VEGETAL USADO PARA LA ELABORACIÓN DE JABÓN LÍQUIDO

*Data de submissão: 18/02/2025*

*Data de aceite: 05/03/2025*

### **Rosalía Calizaya Chipana**

Formulación, análisis de laboratorio,  
redacción del artículo  
Centro de Innovación Productiva y  
Transferencia Tecnológica Agroindustrial  
Moquegua (CITEagroindustrial  
Moquegua), Instituto Tecnológico de la  
Producción (ITP), Moquegua, Perú  
Orcid.org/0009-0004-6540-0491

### **Alberto Bacilio Quispe Cohaila**

Revisión del artículo científico  
Universidad Nacional Jorge Basadre  
Grohmann, Tacna, Perú  
orcid.org/0000-0002-9641-4034

### **Mario Ruiz Choque**

Revisión del artículo científico  
Universidad Nacional de Moquegua,  
Moquegua, Perú  
orcid.org/0000-0003-0151-9579

### **Edward Paul Sueros Ticona**

Análisis e interpretación de los  
estadísticos, Universidad Nacional Jorge  
Basadre Grohmann, Tacna, Perú  
orcid.org/0000-0003-4609-2185

**RESUMEN:** El manejo inadecuado del aceite vegetal usado (AVU) genera impactos negativos en el ambiente, por lo que su purificación y reutilización se presentan

como alternativas sostenibles. Este estudio evaluó el efecto de un proceso de purificación en las propiedades fisicoquímicas del AVU recolectado en Ilo, Moquegua, entre los meses de septiembre y noviembre de 2024. El proceso incluyó filtración, tratamiento con salmuera al 5% (m/v) y blanqueo con peróxido de hidrógeno al 5% (v/v). Se midieron los índices de acidez, peróxido y humedad antes y después del tratamiento. Los resultados indicaron una reducción significativa en el índice de peróxido ( $40,78 \pm 4,45$  a  $34,45 \pm 3,70$  meq  $O_2/kg$ ,  $p < 0,05$ ) y en la humedad ( $0,88\% \pm 0,22\%$  a  $0,55\% \pm 0,18\%$ ,  $p < 0,05$ ), mientras que el índice de acidez no mostró cambios relevantes ( $1,21\% \pm 0,18\%$  frente a  $1,24\% \pm 0,20\%$ ). Los jabones líquidos elaborados con el aceite purificado mostraron mejoras en pH, alcalinidad y nivel de espuma en función de las proporciones de aceite usado y de oliva. Estos resultados respaldan la viabilidad del método de purificación como estrategia sostenible para reutilizar el AVU en la producción de jabones líquidos ecológicos, promoviendo la economía circular y la protección ambiental.

**PALABRAS-CLAVE:** Aceite vegetal usado, purificación de aceite, propiedades fisicoquímicas, sostenibilidad, jabón líquido.

## PURIFICATION METHODS AND THEIR EFFECTS ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF USED VEGETABLE OIL FOR LIQUID SOAP PRODUCTION

**ABSTRACT:** Improper handling of used vegetable oil (AVU) generates negative impacts on the environment, which is why its purification and reuse are presented as sustainable alternatives. This study evaluated the effect of a purification process on the physicochemical properties of the AVU collected in Ilo, Moquegua, between the months of September and November 2024, using a sample of five collection points. The process included filtration, treatment with 5% brine, and bleaching with 5% hydrogen peroxide. Acidity, peroxide and humidity indices were measured before and after treatment. The results indicated a significant reduction in the peroxide index ( $40,78 \pm 4,45$  to  $34,45 \pm 3,70$  meq  $O_2/kg$ ,  $p < 0,05$ ) and in humidity ( $0,88\% \pm 0,22\%$  to  $0,55\% \pm 0,18\%$ ,  $p < 0,05$ ), while the acidity index did not show relevant changes ( $1,21\% \pm 0,18\%$  versus  $1,24\% \pm 0,20\%$ ). The liquid soaps made with the purified oil showed improvements in pH, alkalinity and foam level depending on the proportions of used and olive oil. These results support the viability of the purification method as a sustainable strategy to reuse AVU in the production of ecological liquid soaps, promoting the circular economy and environmental protection.

**KEYWORDS:** Used vegetable oil, oil purification, physicochemical properties, sustainability, liquid soap.

## INTRODUCCIÓN

El uso intensivo de aceites vegetales en la industria alimentaria, restaurantes y hogares genera grandes volúmenes de residuos, cuya disposición inadecuada provoca impactos negativos en el medio ambiente (Bravo et al., 2023; Cruz & Davis, 2021; Córdova & Escudero, 2022). El vertido de AVU en cuerpos de agua reduce la oxigenación y luz solar, afectando la biodiversidad (Huamachuco, 2021; Cruz & Davis, 2021; Campomanes, 2023). Por otro lado, su acumulación en suelos altera su estructura y disminuye su fertilidad (Alarcón & Romero, 2021).

Diversas investigaciones han explorado la reutilización del AVU como materia prima para la generación de jabones ecológicos (Bravo et al., 2023, Fasanando & Meza, 2021; Algumedo, 2020; Eulogio et al., 2020). En Ecuador, estudios como el de Campoverde (2022) han implementado métodos de purificación basados en tratamientos con salmuera y peróxido de hidrógeno, mejorando las características del AVU para su uso en la fabricación de jabón. A nivel internacional, se han evaluado las condiciones de saponificación óptimas y el impacto de las proporciones de aceite e hidróxido de potasio en la calidad del jabón (Restrepo et al., 2024; Perero & Salazar, 2017). En Perú, investigaciones como la de Ninataype et al. (2020) en Arequipa han logrado producir jabón líquido de calidad a partir de aceite purificado, cumpliendo con las normativas peruanas y ecuatorianas para productos de limpieza.



El interés por productos naturales y ecológicos impulsa la necesidad de explorar alternativas sostenibles en la producción de jabón (Zurita & Nauca, 2022; Mariño & Durand, 2021). Este estudio busca evaluar un proceso de purificación del AVU recolectado en Moquegua, para mejorar sus propiedades fisicoquímicas y analizar su aplicabilidad en la producción de jabones líquidos ecológicos, promoviendo así la sostenibilidad y el aprovechamiento de residuos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó de septiembre a noviembre de 2024, recolectando AVU de tres restaurantes y dos viviendas en Ilo, Moquegua, se empleó un método de muestreo no probabilístico por conveniencia. Se aplicó un proceso de purificación basado en Campoverde (2022), que incluyó filtración inicial, tratamiento con salmuera al 5%, y blanqueo con peróxido de hidrógeno al 5% (Tabla 1). Los parámetros evaluados incluyeron el índice de acidez (ISO 660:2013), índice de peróxido (NTP 209.006), y humedad (COVENIN 705:2003). Los cambios en las propiedades del AVU se analizaron mediante pruebas t de Student y Mann-Whitney, con un nivel de significancia del 0,05.

La elaboración de jabones líquidos se realizó con formulaciones ajustadas en proporciones de aceite purificado y aceite de oliva (Tabla 2 y 3). Se evaluaron parámetros como alcalinidad (NTE INEN 821:1982), materia insoluble en alcohol (NTE INEN 817:2013), materia insoluble en alcohol (NTE INEN 817:2013), pH y nivel de espuma, siguiendo adaptaciones de Campoverde (2022). Para analizar los resultados, se aplicaron pruebas estadísticas de normalidad de Anderson Darling, la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de Games-Howell.

Etapa	Detalle	Experimentación
Purificación de aceite	Volumen de AVU (ml)	100
	Solución NaCl 5% (ml)	100
	Cantidad de NaCl (g)	5
	Cantidad de agua (ml)	100
	Agitación (rpm)	60
	Tiempo (h)	1
	Temperatura de AVU (°C)	90 ± 5
	Temperatura de solución de NaCl	90 ± 5
	Volumen de muestra de aceite de purificado (ml)	100
Blanqueamiento de aceite	Peróxido de hidrógeno (ml)	5
	Cantidad de agua (ml)	100
	Agitación (rpm)	80
	Tiempo (min)	30
	Temperatura de aceite	70 ± 5

Tabla 1. Metodología para la purificación de AVU

Nota. En la tabla se muestra el proceso metodológico para la purificación del aceite vegetal usado a partir de Campoverde (2022).

Tratamiento/ Componente	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	$a_0b_0$	$a_0b_1$	$a_0b_2$	$a_1b_0$	$a_1b_1$	$a_1b_2$	$a_2b_0$	$a_2b_1$	$a_2b_2$
Aceite usado purificado (g)	98,0	98,0	98,0	94,3	94,3	94,3	90,5	90,5	90,5
Aceite de oliva extra virgen (g)	2,0	5,7	9,5	2,0	5,7	9,5	2,0	5,7	9,5
Hidróxido de potasio (g)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Agua (g)	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
Total	190,0	193,7	197,5	186,3	190,0	193,8	182,5	186,2	190,0

**Tabla 2.** Componentes para la generación de pasta de jabón por cada tratamiento

*Nota.* La tabla muestra los componentes utilizados en cada tratamiento para la generación de pasta de jabón. Cada tratamiento se diferencia por la cantidad de aceite usado purificado y aceite de oliva extra virgen.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	$a_0b_0$	$a_0b_1$	$a_0b_2$	$a_1b_0$	$a_1b_1$	$a_1b_2$	$a_2b_0$	$a_2b_1$	$a_2b_2$
Pasta de jabón (g)	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Lauril éter sulfato de sodio (g)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Carboximetilcelulosa sódica (g)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
EDTA (g)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Glicerina (g)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0	1,0
Colorante	Cs	Cs	Cs	Cs	Cs	Cs	Cs	Cs	Cs
Fragancia (g)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Agua destilada (ml)	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**Tabla 3.** Componentes para la dilución de la pasta de jabón por tratamiento

*Nota.* La tabla muestra los componentes utilizados en cada tratamiento para la dilución de la pasta de jabón por cada tratamiento.

## RESULTADOS

Los resultados de las pruebas fisicoquímicas demostraron mejoras en la calidad del aceite purificado y del jabón líquido:

### Propiedades fisicoquímicas del AVU:

#### *Índice de peróxido*

Este parámetro, indicador de compuestos oxidativos en el aceite, se redujo significativamente después del proceso de purificación, pasando de  $40,78 \pm 4,45$  a  $34,45 \pm 3,70$  meq  $O_2$ /kg ( $p < 0,05$ ), como se detalla en la Tabla 4.

Muestra	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Valor de T	Valor p
AVU	18,00	40,78	4,45	1,05	9,69	0,00
AVU purificado	18,00	34,45	3,70	0,89		

**Tabla 4.** Resultados de la prueba de t Student pareada

*Nota:* Procesado con software Minitab.

El valor de T = 9,69 y el valor de p = 0,00 indican una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre las medias del índice de peróxido de los aceites antes y después de la purificación. Esto demuestra la eficacia del proceso de purificación para reducir los compuestos oxidativos y mejorar la estabilidad oxidativa del aceite.

### *Índice de acidez*

No se observaron cambios significativos en el índice de acidez entre el aceite usado y el purificado. Los valores promedio fueron de  $1,21\% \pm 0,18\%$  y  $1,24\% \pm 0,20\%$ , respectivamente. Los resultados del análisis de Mann-Whitney se resumen en la Tabla 5.

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	303,50	0,359
Ajustado para empates	303,50	0,358

**Tabla 5.** Resultados de la prueba de Mann-Whitney para el índice de acidez

*Nota:* Procesado con software Minitab.

El valor de p = 0,358, mayor al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ), indica que no hay una diferencia estadísticamente significativa en el índice de acidez. Por lo tanto, el proceso de purificación no impactó este parámetro.

### *Humedad y materia volátil*

Se evidenció una reducción significativa en el contenido de humedad y materia volátil, de  $0,88\% \pm 0,22\%$  a  $0,55\% \pm 0,18\%$  ( $p < 0,05$ ). La Tabla 6 presenta los resultados del análisis de Mann-Whitney.

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	441,00	0,001
Ajustado para empates	441,00	0,001

**Tabla 6.** Resultados de la prueba de Mann-Whitney

*Nota:* Procesado con software Minitab.

El valor de p = 0,001, menor al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ), confirma que la reducción en la humedad y materia volátil es estadísticamente significativa. Esto indica que el proceso de purificación influye positivamente en este parámetro, mejorando la calidad general del aceite purificado.

# Calidad del jabón líquido

## Alcalinidad

El análisis de Games-Howell identificó tres grupos significativos (A, B y C) según los niveles de alcalinidad (Tabla 7). El tratamiento T6 (grupo A) mostró la mayor media (0,047), mientras que los tratamientos T1, T2, T4 y T7 se agruparon en el grupo C con los valores más bajos. A pesar de las diferencias observadas, todos los tratamientos cumplieron con los requisitos establecidos en la norma NTP N° 319.073:1978 para productos de limpieza.

Tratamiento	N	Media	Agrupación		
T6	3,0	0,047	A	B	C
T5	3,0	0,028			
T8	3,0	0,020	A	B	C
T4	3,0	0,018			
T9	3,0	0,014	A	B	C
T3	3,0	0,013			
T7	3,0	0,006	A	B	C
T2	3,0	0,004			
T1	3,0	0,003	A	B	C

**Tabla N° 7.** Distribución de la alcalinidad mediante la Prueba de Games-Howell  
*Nota:* Procesado con el software Minitab.

Los niveles de alcalinidad fueron adecuados para todos los tratamientos, lo que garantiza su viabilidad como jabones líquidos seguros y efectivos.

## pH

El pH de los jabones líquidos varió significativamente entre los tratamientos. Los tratamientos T8 (13,66) y T6 (13,20) se agruparon en el nivel más alto (grupo A), mientras que T2 (8,26), T1 (7,33) y T3 (7,30) mostraron los valores más bajos (grupo D), adecuados para jabones líquidos destinados al uso general.

Tratamiento	N	Media	Agrupación		
T8	3,0	13,66	A	B	C
T6	3,0	13,20			
T4	3,0	11,20	A	B	C
T5	3,0	10,30			
T7	3,0	9,30	A	B	C
T2	3,0	8,32			
T1	3,0	8,26	A	B	C
T9	3,0	7,33			
T3	3,0	7,30	A	B	C

**Tabla N° 8.** Distribución de pH mediante la Prueba de Games-Howell  
*Nota:* Procesado con el software Minitab.

### Nivel de espuma

El nivel de espuma también mostró diferencias significativas. El tratamiento T2 presentó la media más alta (15,43; grupo A), lo que sugiere una mejor capacidad espumante. En contraste, los tratamientos T7 y T9 tuvieron los niveles más bajos, ubicándose en los grupos C y D, respectivamente. Sin embargo, todos los jabones evaluados lograron niveles aceptables de espuma para aplicaciones prácticas.

Tratamiento	N	Media	Agrupación			
T2	3,0	15,43	A			
T6	3,0	11,26	B			
T5	3,0	10,76	B			
T3	3,0	10,56	B			
T4	3,0	10,30	B C			
T1	3,0	10,10	B C			
T8	3,0	8,33	C D			
T7	3,0	7,40	A	B	C	D
T9	3,0	7,33	D			

**Tabla N° 9.** Distribución del nivel de espuma líquido mediante la prueba de Games-Howell

Nota: Procesado con el software Minitab.

Aunque todos los tratamientos demostraron una adecuada capacidad espumante, el tratamiento T2 destacó por su desempeño superior en este parámetro.

### Materia insoluble en alcohol

La prueba de Games-Howell identificó seis niveles de diferencias significativas entre las medias de materia insoluble en alcohol de los tratamientos (Grupos A, B, C, D, E y F). El tratamiento T6 presentó la media más alta, con un valor de 7,41, ubicándose en el grupo A, el cual es significativamente diferente de todos los demás tratamientos. En contraste, el tratamiento T5, perteneciente al grupo F, mostró la media más baja y presentó diferencias significativas con los grupos A, B y C. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T3, T9 y T5, que compartieron el mismo nivel dentro del grupo F.

Tratamiento	N	Media	Agrupación				
T2	3,0	7,41	A				
T1	3,0	2,81		B			
T4	3,0	2,62			C		
T8	3,0	2,51		C	D		
T6	3,0	2,43			D	E	
T7	3,0	2,32				E	
T3	3,0	2,14					F
T9	3,0	2,12					F
T5	3,0	2,06					F

**Tabla N° 10.** Distribución de la materia insoluble en alcohol en diferentes tratamientos de jabón líquido mediante la Prueba de Games-Howell

Nota.:Procesado con el software Minitab.

## DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran un impacto diferenciado del proceso de purificación en las propiedades fisicoquímicas del aceite vegetal usado, resaltando su potencial para aplicaciones sostenibles como la producción de jabón líquido.

Para el índice de peróxido, la significativa reducción observada (de 40,78 meq  $O_2$ /kg a 34,45 meq  $O_2$ /kg, con una disminución del 15,52%) indica que el proceso de purificación elimina compuestos oxidativos que contribuyen al deterioro del aceite. Este hallazgo es consistente con investigaciones previas, como las de Campoverde (2022) y Restrepo et al. (2024), que reportaron reducciones similares al utilizar técnicas avanzadas de sedimentación, filtración y desodorización. No obstante, la menor eficacia relativa en la presente investigación podría atribuirse a los niveles iniciales más elevados de oxidación en el aceite usado. Este resultado subraya la importancia de personalizar los métodos de purificación según las características iniciales del aceite.

La disminución de humedad y materia volátil (de 0,88% a 0,55%) evidencia la capacidad del proceso para eliminar componentes no deseados, mejorando la estabilidad del aceite purificado. Esto es crucial en aplicaciones industriales, ya que niveles elevados de humedad pueden favorecer la hidrólisis y la degradación. Resultados similares han sido documentados por Ninataye (2020), quien alcanzó niveles de humedad inferiores al 0,04% empleando clarificación con bentonita sódica. Aunque el proceso aplicado en este estudio no logró valores tan bajos, ofrece una alternativa más económica y accesible en contextos de pequeña escala, como el ámbito doméstico o microempresarial.

A diferencia de los parámetros anteriores, el índice de acidez no mostró cambios significativos (de 1,21% a 1,24%). Esto sugiere que los ácidos grasos libres presentes en el aceite no fueron afectados por las etapas de purificación empleadas. En comparación, estudios como el de Restrepo et al. (2024) lograron reducciones significativas al incluir etapas adicionales de desodorización con carbón activo.

En la producción de jabón líquido, la combinación de aceites reciclados purificados y de oliva optimizó parámetros como pH, alcalinidad y nivel de espuma, alineándose con estudios previos que resaltan las propiedades beneficiosas del aceite de oliva (Perero y Salazar, 2017; Orellana, 2019).

## CONCLUSIONES

- El proceso de purificación del aceite vegetal usado tiene un impacto diferenciado en las propiedades fisicoquímicas. Se encontraron reducciones significativas en el índice de peróxido y, humedad y materia volátil. Sin embargo, el índice de acidez no presentó diferencias significativas tras el tratamiento de purificación.
- Este trabajo confirma la viabilidad de reutilizar aceite vegetal usado para la producción de jabón líquido, siendo el tratamiento con 5,7 g de aceite de oliva y 94,3 g de aceite vegetal usado purificado el más óptimo en términos de pH, alcalinidad y nivel de espuma.
- Estos resultados contribuyen al avance en la elaboración de productos de limpieza sostenibles, alineándose con una economía circular. La integración de aceites reciclados purificados y de oliva como alternativa en la industria de limpieza tiene un impacto ambiental positivo, al tiempo que fomenta prácticas de economía circular.

## AGRADECIMIENTOS E INFORMACIÓN DE FINANCIAMIENTO

Financiado por los autores.

## CONFLICTOS DE INTERÉS

No existe ningún conflicto de interés

## REFERENCIAS

Amorós, G. (2017). Razones de los Administradores de Restaurantes Menú en el Cercado de Lima, para no Reciclar Aceite Vegetal Usado. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2798418?show=full>

Alarcón, M., & Romero, R. (2021). *Estudio y diseño de un sistema de recolección de aceite vegetal usado para el sector comercial y residencial del Norte de la ciudad de Guayaquil*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21048/1/UPS-GT003413.pdf>

Bravo, A. del P., Casamachín, E., & Ordoñez, J. (2023). *Diseño de un plan de negocio para la producción y comercialización de un jabón con ingredientes naturales, basado en la reutilización del aceite de cocina usado en la ciudad de Santiago de Cali*. <https://repositorio.uniajc.edu.co/entities/publication/6a8da-299-48f2-43ea-9f89-f84c2874b77e>

Campomanes, D. (2023). *Caracterización de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel en la ciudad de Barranca*. <https://repositorio.unjpsc.edu.pe/handle/20.500.14067/8584>

Campoverde, A. (2022). *Elaboración de jabón a partir de aceite doméstico y cáscara de huevo*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/20226>

- Carreño, E., Contreras, D., Damián, E., & Díaz, C. (2021). *Estudio de prefactibilidad para la obtención de jabón en barra a base de aceite reciclado de cocina*. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/07d3ccf8-eb64-4b0e-a3a5-94367884f62b>
- Córdova, Y., & Escudero, A. (2022). *Elaboración de jabones líquidos antibacteriales con aceite vegetal usado, sábila (Aloe vera) y cáscara de naranja (Citrus aurantium)*, Lima 2022. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92982>
- Cruz, A., & Davis, A. (2021). *Diseño de un sistema de recolección de aceite vegetal usado para la elaboración de jabón artesanal, en el distrito de Piura*. <https://siar.regionpiura.gob.pe/documentos/repositorio/phpcnVbmr.PDF>
- Fasanando, J., & Meza, H. (2021). *Elaboración de jabon en barra, con la reutilización y aprovechamiento de aceite vegetal usado, tarapoto, 2021*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84774>
- Huamachuco, M. (2021). *Evaluación de la calidad de los jabones ecológicos producidos a partir de la reutilización de aceite vegetal de cocina proveniente de restaurantes de comida rápida, Arequipa - 2021*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13286>
- Lehmann, L. (2020). Economía circular, el cambio cultural: *El modelo sostenible para la reactivación (2a ed.)*. Argentina: Prosa Editores.
- Mariño, G., & Durand, H. (2021). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de jabones naturales desinfectantes hechos a base de yacón, cebolla y aceite vegetal usado (AVU) con motivos peruanos a nivel nacional*. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSP\\_a168c2cb2f25d2a-58093581ac39539b2](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSP_a168c2cb2f25d2a-58093581ac39539b2)
- Ninataype, C., Rayo, M., & Rondón, R. (2020). *Elaboración de jabón para uso industrial a partir del aceite reciclado en el pueblo tradicional de Carmen Alto del distrito de Cayma , Arequipa 2020*. 2215, 4436–4466. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/2191>
- Orellana, K. (2019). *Comparación de las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de un jabón cosmético elaborado a partir de base de aceite de coco y aceite de oliva extra virgen a escala de laboratorio*. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/13745/>
- Perero, L., & Salazar, M. (2017). *Porcentajes de aceite de fritura e hidróxido de potasio en la saponificación de grasas para la obtención de jabón líquido*. <https://repositorio.espan.edu.ec/handle/42000/637?mode=simple>
- Ramírez, T. (2018). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de aceites y grasas residuales potenciales para la producción de biocombustibles. <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1021/369>
- Restrepo, A., Cruel, J., Mosquera, G., & Canchingre, M. (2024). *Elaboración de un jabón industrial a partir de aceite de cocina usado: Caso Esmeraldas-Ecuador*. 10, 86– 112. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3793>
- Ríos, L. (2019). La química orgánica aplicada a nuestro diario vivir. En línea. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/j.ctv18dvts8>.
- Zurita, J., & Nauca, E. (2022). *Jabón ecológico, una alternativa de negocio del aceite usado de restaurantes*. 1–18 <https://revista.ectperu.org.pe/index.php/ect/article/view/51>



# PROJETO NÚMERICO E EXPERIMENTAL DE UMA ANTENA DE MICROFITA (MOUTH) BIOINSPIRADA PARA A FAIXA DAS MICRO-ONDAS COM APLICAÇÕES EM 5G

---

Data de submissão: 27/12/2025

Data de aceite: 05/03/2025

**Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira**

Universidade Estadual da Paraíba  
João Pessoa – PB

**Daniel Felix da Silva**

Universidade Estadual da Paraíba  
João Pessoa - PB

**Pedro Carlos de Assis Júnior**

Universidade Estadual da Paraíba  
Patos – PB

**Tales Augusto Carvalho de Barros**

Universidade Federal da Paraíba  
Campina Grande – PB

**RESUMO:** Nos últimos anos a demanda por dispositivos leves, compactos e portáteis tem aumentado o interesse dos pesquisadores. O maior desafio é buscar por dispositivos com características multi ressonantes, bem como reduzir as dimensões desses dispositivos sem perda de performance nas mais diversas aplicações, por exemplo, sistemas sem fio. Estrutura bioinspirada originadas de equações polares são uma alternativa interessante em projeto de antenas planares em virtude da sua flexibilidade de projeto e adequação de aplicações em várias faixas de frequência. Essas estruturas apresentam em sua fase

inicial, boas características de radiação, diagrama de radiação direcional na direção *broadside*. Os projetos das antenas foram auxiliados através de simulações com o *Ansys Designer™* que implementa o método dos momentos. A partir destas simulações, um protótipo foi construído e devidamente analisado. Com o intuito de validar os resultados obtidos, foram feitas comparações entre os resultados medidos e simulados do dispositivo proposto, verificando assim, uma boa concordância entre seus resultados com potencial aplicação na faixa de frequência de 3,50 GHz. A antena proposta foi excitada pela técnica de linha de microfita fazendo uso de um transformador quarto de onda e teve seus parâmetros de espalhamento validados em um analisador de rede vetorial através de medições dos diversos parâmetros investigados, dentre os quais se destacam: a perda de retorno, diagrama de radiação, impedância de entrada, coeficiente de onda estacionária e sua largura de banda. O projeto foi pensado para a frequência de 3,50 GHz, onde temos várias aplicações sem fio que fazem uso dessa faixa de frequência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Antenas de microfita, Comunicação sem fio, Antena bioinspirada.

## NUMERICAL AND EXPERIMENTAL DESIGN OF A BIO-INSPIRED MICROWAVE MOUTH ANTENNA FOR 5G APPLICATIONS

**ABSTRACT:** In recent years, the demand for lightweight, compact and portable devices have increased the interest of researchers. The biggest challenge is to search for devices with multi-resonant characteristics, as well as to reduce the dimensions of these devices without loss of performance in the most diverse applications, for example, wireless systems. Bioinspired structures originated from polar equations are an interesting alternative in the design of planar antennas due to their design flexibility and suitability for applications in various frequency bands. In their initial phase, these structures present good radiation characteristics, directional radiation pattern in the broadside direction. The antenna designs were aided by simulations with Ansys Designer™ that implements the method of moments. From these simulations, a prototype was built and duly analyzed. In order to validate the results obtained, comparisons were made between the measured and simulated results of the proposed device, thus verifying a good agreement between their results with potential application in the frequency range of 3.50 GHz. The proposed antenna was excited by the microstrip line technique using a quarter-wave transformer and had its scattering parameters validated in a vector network analyzer through measurements of the various parameters investigated, among which the following stand out: return loss, radiation diagram, input impedance, Voltage Standing Wave Ratio and its bandwidth. The project was designed for the frequency of 3.50 GHz, where we have several wireless applications that make use of this frequency range.

**KEYWORDS:** Microstrip Antenna, Wireless Communication, Bioinspired antenna.

## INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia sem fio verificado nas últimas décadas tem aumentado a demanda por antenas com características de banda larga e/ou múltiplas frequências de ressonância. Antenas de banda larga são capazes de transmitir sinal eletromagnético em uma ou mais faixas de frequências de transmissão com altas taxas de transmissão e recepção de dados (BALANIS, 1997). Porém, no desenvolvimento de antenas banda larga, existem alguns fatores que devem ser levados em consideração: dimensões físicas, o custo, a facilidade de fabricação do dispositivo (KUMAR, G.; RAY, K. P, 2003). As antenas de microfita apresentam muitas dessas características e podem ser utilizadas em aplicações em sistemas de comunicação sem fio. Comparando-as com outras antenas, as antenas de microfita se destacam por serem leves, pelas dimensões reduzidas, pelo baixo custo de fabricação e pela versatilidade em termos de frequência de ressonância. Por outro lado, a principal desvantagem das antenas de microfita é a largura de banda, que mede aproximadamente 1% de suas frequências de ressonâncias (Garg et al., 2001), (BALANIS, 1997).

Para ampliar a largura de banda das antenas de microfita, algumas técnicas foram desenvolvidas e revisadas, em que a maioria delas descreve a adição de frequências de ressonâncias à resposta da antena com o uso de fendas/slots inseridas no elemento

irradiante (Sung et al. 2004). Também é usual o método de aplicação de elementos acoplados próximo ao elemento irradiante, alimentados por CPW (*Coplanar Wave Guide*) (DARVICH, M; HASSANI, H. R, 2012). As antenas de microfita são projetadas para uma determinada faixa de frequência de ressonância, no entanto, estas antenas apresentam assinaturas eletromagnéticas conhecidas como frequências de modos superiores (BALANIS, 1997). Então, técnicas híbridas estão sendo utilizadas para ampliar ainda mais largura de banda de impedâncias das antenas patch de microfita como apresentado em (KUMAR, G.; RAY, K. P, 2003). A Figura 1 mostra um esquema de uma antena patch de microfita retangular. Uma antena como esta, nada mais é que uma estrutura consistindo basicamente de duas placas condutoras paralelas, separadas por um substrato dielétrico ( $\epsilon_r$ ), de espessura  $h$ , sendo uma das placas o elemento irradiante e a outra o plano de terra.

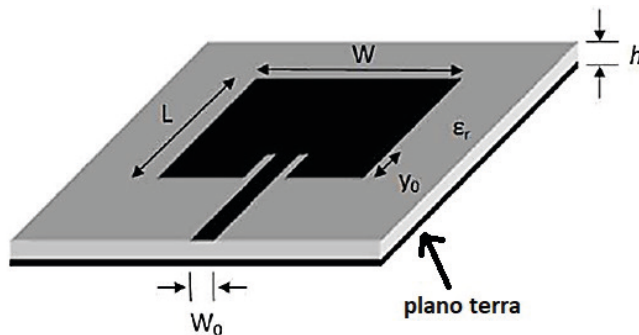


Figura 1 – Representação de uma antena patch de microfita.

Para essa estrutura, a excitação é realizada pela técnica de linha de microfita por meio de um conector SMA de  $50 \Omega$  de impedância (GARG, et al., 2001). Nesse projeto de pesquisa será utilizado o material composto de fibra de vidro (FR4) nas simulações e posteriormente validação experimental da antena bioinspirada proposta, isso em virtude de seu baixo custo de aquisição para a confecção do protótipo. Nesse contexto devido às inúmeras características atrativas das antenas de microfita aliado a utilização de equações polares é possível conseguir diversas geometrias que atendam a diferentes requisitos de aplicações em comunicação sem fio, permitindo assim uma grande flexibilidade nos projetos de antenas patches para as mais diversas faixas de frequências de interesse para aplicações, dessa forma buscando conseguir um dispositivo menor (quando o mesmo é comparado a projeto que utilizam os polígonos regulares mais conhecidos) e com características multi frequência, tornando-se interessante a aplicações em dispositivos que operem em mais de uma frequência (JÚNIOR, 2016). Estruturas dessa natureza são facilmente aplicáveis a diversos tipos de tecnologias, dentre as quais podemos destacar: aplicações em fuselagens de aviões, visando estabelecer comunicações com a central de rádio/controle.

A análise numérica desses dispositivos foi toda ela realizada utilizando o simulador de onda completa (*Ansoft Designer<sup>™</sup>*) que implementa o método dos momentos (MoM) na análise precisa do parâmetro de espalhamento (S11) associado a antena proposta. A faixa de frequência das micro-ondas foi escolhida por apresentar inúmeras possíveis aplicações, dentre as quais se destacam dispositivos que operam o 5G na banda de frequência de 3,50 GHz.

## SISTEMA DE COORDENADAS POLARES

As coordenadas polares oferecem uma perspectiva diferente em relação ao sistema cartesiano com eixos  $x$  e  $y$ . Considere um ponto  $P$  em um plano, nas coordenadas polares, localizamos o ponto  $P$  usando sua distância radial ( $r$ ) até a origem (o polo) e o ângulo  $\theta$  que o segmento  $OP$  faz com o eixo polar. Essa mudança de perspectiva pode simplificar bastante a descrição de algumas curvas, especialmente aquelas com simetria radial, como círculos e cardioides, conforme mostrado na Figura 2. Por isso uma equação polar relaciona a distância  $r$  e o ângulo  $\theta$  de um ponto  $P$  em um plano. Ao variar o ângulo  $\theta$ , obtemos diferentes valores de  $r$ , traçando assim uma curva. Muitas vezes, as equações polares são mais simples e elegantes do que suas equivalentes cartesianas para representar determinadas curvas. As coordenadas polares são amplamente utilizadas em diversas áreas, como física, engenharias e computação gráfica. Por exemplo, em física, as coordenadas polares são fundamentais para o estudo de movimentos circulares e campos de força. Na computação gráfica, as coordenadas polares são utilizadas para criar gráficos e animações com padrões radiais e nas engenharias podem facilmente serem utilizadas em projetos de dispositivos de alta frequência, tais como as antenas planares em microfita.

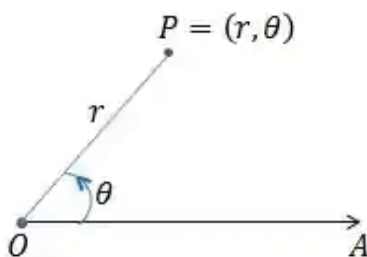


Figura 2 – Representação de um sistema de coordenadas polares.

## METODOLOGIA EMPREGADA E ESTRUTURA DA ANTENA MOUTH BIOINSPIRADA PROPOSTA

A metodologia adotada nesse artigo, consistiu na modelagem numérica da antena bioinspirada proposta, denominada de antena Mouth (termo em inglês para boca), devido sua semelhança com uma boca, conforme mostra a Figura 2.

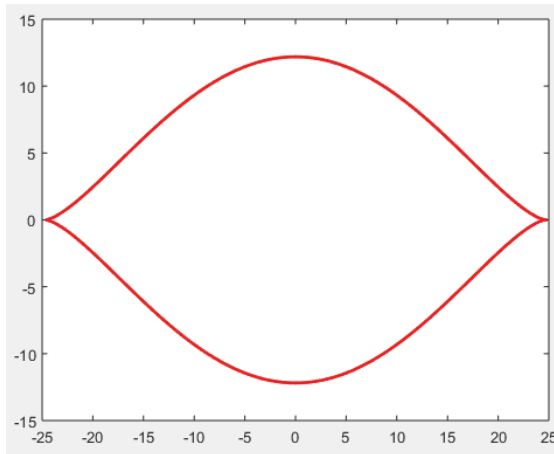


Figura 2 – Curva a ser utilizada no projeto da antena de microfitas Mouth bioinspirada proposta.

Para isso foi feito uso de um simulador de onda completa, o *software* comercial *Ansys Designer™*, na qual por meio deste foi possível estudar e entender o comportamento eletromagnético do dispositivo analisado. Para isso foi feito uso de equações polares para a geração da curva e posteriormente do elemento irradiante da antena. Toda a estrutura foi projetada para a faixa de frequência de 3,5 GHz e 6,5 GHz, onde temos aplicações em redes de comunicação sem fio. Alguns parâmetros de espalhamento (parâmetros S) associados a esse arranjo de antenas serão analisados e discutidos. A equação (1) mostra formulação matemática para a equação polar utilizada no projeto da antena patch proposta.

$$\begin{aligned}t &= 0:2\pi/360:2\pi \\x &= 12.19\cos(t)*2.025 \\y &= 12.19\sin(t).\wedge3\end{aligned}\tag{1}$$

Após a execução do algoritmo mostrado na equação (1) é gerada a curva polar que será utilizada como projeto da antena patch de microfitas bioinspirada proposta (Figura 1). As etapas do projeto foram as seguintes: (i) A geometria do elemento irradiante da antena foi gerada no *software* Scilab®; (ii) na segunda utiliza-se a ferramenta CAD para duas funções: a verificação das dimensões da geometria e para a fabricação rápida e precisa da antena; (iii) na terceira etapa é realizada uma comparação dos resultados simulados no simulador com os medidos no analisador de rede vetorial, se o resultado medido for diferente da

simulação, o projeto volta para a parte da ferramenta CAD (*Computer Aided Design*), onde é feita uma verificação e possível nova fabricação da antena, caso a comparação entre os resultados não apresente diferença (ou uma diferença inferior a 5%) é feita a validação do projeto da antena e o projeto finalizado. Esse algoritmo pode ser visualizado na Figura 3.

Toda a estrutura foi construída em um material de baixo custo, neste caso utilizou-se a fibra de vidro (FR4), com uma espessura ( $h$ ) de 1,5 mm e uma constante dielétrica ( $\epsilon_r$ ) de 4,4. A estrutura da antena proposta, bem como o seu protótipo construído é mostrado na Figura 4 e teve seus parâmetros eletromagnéticos medidos em um analisador de rede vetorial (modelo ZVB14 Rohde & Schwarz).

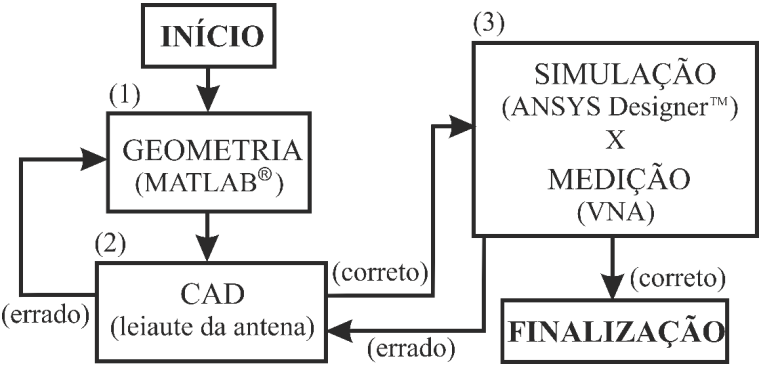


Figura 3 – Fluxograma de construção da antena Mouth bioinspirada.

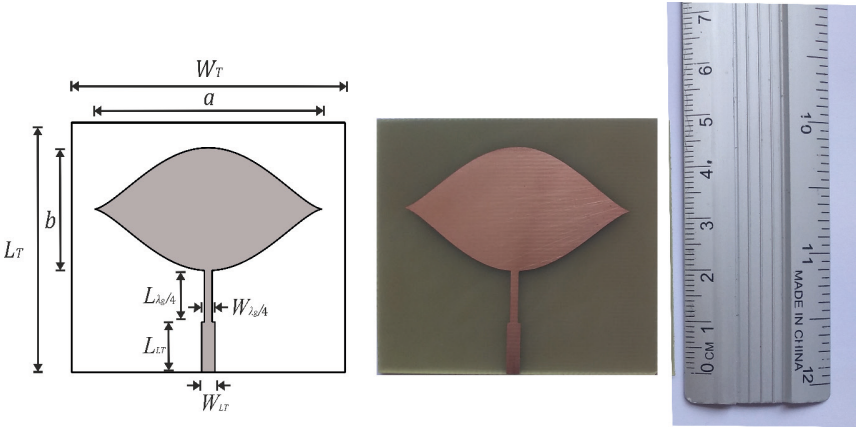


Figura 4 – Estrutura da antena Mouth bioinspirada proposta.

As dimensões em milímetros da antena Mouth bioinspirada proposta são mostradas na Tabela 1.

$W_T$	$a$	$W_{Lg/4}$	$W_{LT}$	$L_T$	$b$	$L_{LT}$	$L_{Lg/4}$
59,30	49,36	1,70	2,87	49,38	24,35	10,23	10,0

Tabela 1 – Dimensões (mm) da antena Mouth proposta.

A etapa final do procedimento metodológico empregado no projeto e construção da antena Mouth bioinspirada consiste na etapa de medição de seus parâmetros eletromagnéticos (Parâmetros S) que foi realizado no analisador de rede vetorial na faixa de frequência entre 2 – 10 GHz. A faixa de frequência de 3,50 GHz obtida para o modo fundamental se torna interessante por ter aplicações em dispositivos que fazem uso da tecnologia de 5ª geração, mais conhecido como 5G.

## RESULTADOS SIMULADOS E MEDIDOS PARA A ANTENA MOUTH

O parâmetro de espalhamento S11 é um resultado que mostra a quantidade de energia que passa da linha de alimentação em microfita para o elemento irradiante (patch irradiante). Esse parâmetro é dado por: (BALANIS, 1997).

$$RL = -20\log |S_{11}| \quad (2)$$

Onde RL é a perda de retorno obtida por meio da medição do coeficiente de reflexão na porta transmissora do analisador de rede vetorial. O primeiro resultado do projeto consiste na medida da relação entre as potências incidentes e refletidas no conector do arranjo de antenas. O resultado da Figura 5 mostra uma comparação entre os resultados numérico e medido obtidos para a antena proposta.

Desse resultado é possível observar um comportamento multi banda, com duas fortes regiões de ressonâncias para a antena Mouth. Uma boa concordância entre os resultados simulado e medido foram alcançados, onde o resultado medido apresentou duas ressonâncias em 3,50 GHz e 6,50 GHz, respectivamente.

As faixas de frequência das ressonâncias apresentaram as seguintes larguras de bandas: BW1 = 180 MHz para a primeira ressonância e BW2 = 200 MHz. Os resultados simulados e medido apresentaram uma boa concordância entre si, com baixas perdas de retorno (valores abaixo de -10 dB), o que caracteriza um bom casamento de impedância para a estrutura analisada.

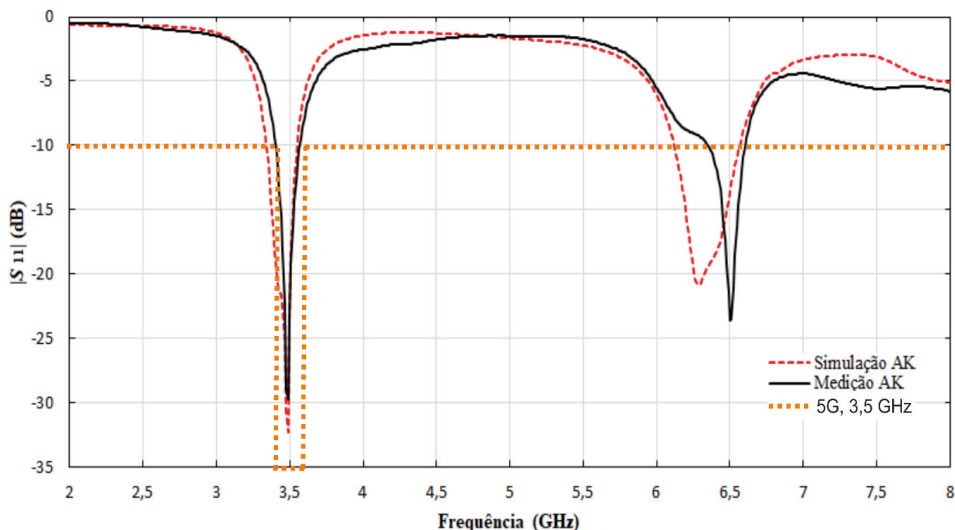


Figura 5 – Resultado de perda de retorno medido e simulado para a antenna proposta.

O diagrama de radiação 2D e 3D para a antenna proposta são mostrados da Figura 6, onde é possível observar um diagrama sem deformações e com características diretivas. No diagrama 2D, podemos observar larguras de feixes de meia potência de 122,05 graus. Por sua vez, o diagrama de irradiação 3D nos mostra que a antenna apresentou um ganho diretivo de 5,11 dB na região de máxima radiação na zona de campo distante.

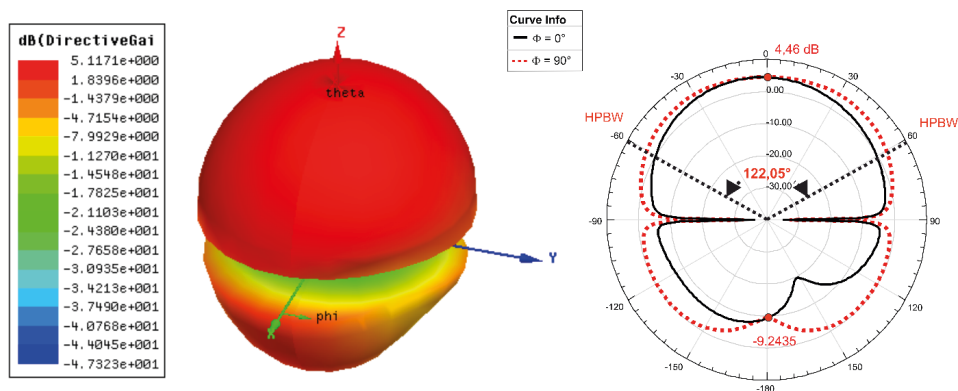


Figura 6 – Diagrama de radiação 3D e 2D para a antenna Mouth proposta.

A Figura 7 mostra a distribuição de corrente no patch irradiante da antenna Mouth proposta. Devido à natureza simétrica da estrutura, a corrente se distribuiu de forma uniforme ao longo de todo o elemento irradiante e evidenciando bem as margens como parte principal no processo de irradiação da energia ao espaço livre.



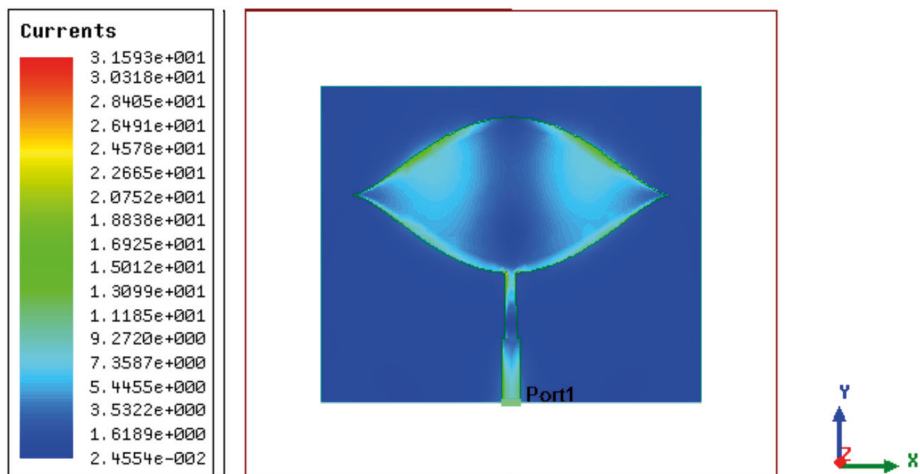


Figura 7 – Distribuição da densidade de corrente de superfície para a antena Mouth proposta.

Outro parâmetro importante na análise de antenas e arranjo de antena de microfita é o coeficiente de onda estacionária (VSWR). Ele consiste na medida da energia que volta a fonte geradora por meio de ondas estacionárias na linha de alimentação, o que muitas vezes acontece entre um descasamento de impedância entre a linha de alimentação e o elemento patch (BALANIS, 1997).

O VSWR é dado pela razão entre os coeficientes de reflexão das ondas incidentes e refletidas no terminal da fonte gerado do sinal de micro-ondas, conforme mostra a equação (3). A Figura 8 mostra o resultado medido do coeficiente de onda estacionária (VSWR) para a antena Mouth.

$$VSWR = \frac{1+|S_{11}|}{1-|S_{11}|} \quad (3)$$

Desse resultado podemos observar um valor de VSWR igual a 1,20 para o resultado medido. Esse valor se encontra abaixo da condição limite para um bom funcionamento da antena, o qual corresponde a um valor de VSWR igual a 2,0. Todos os resultados obtidos para a antena Mouth bioinspirada proposta se encontram resumidos na Tabela 2.

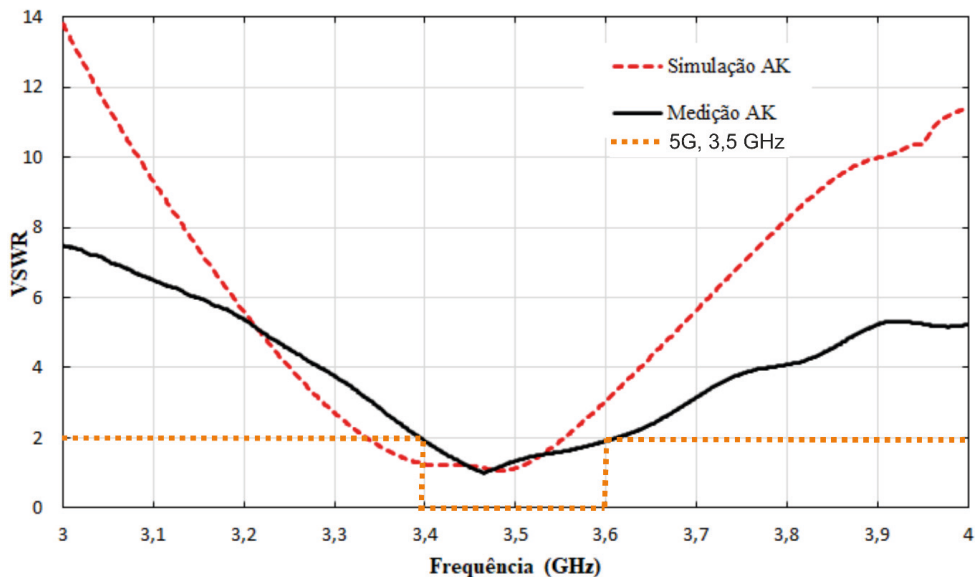


Figura 8 – Resultado da curva de VSWR para a antena Mouth proposta.

Resultados	Antena Mouth	
	Simulado	Medido
Frequência de ressonância ( $F_r$ )	3,50 GHz	3,50 GHz
Perda de retorno (RL)	-33,0 dB	-29,0 dB
Largura de banda (BW)	213 MHz	180 MHz
HPBW	122,05°	—
VSWR	1,21	1,20
Ganho	5,11 dB	—

Tabela 2 – Resultados simulados e medidos para a antena Mouth bioinspirada proposta.

## CONCLUSÃO

Neste artigo foi proposto uma antena patch de microfita bioinspirada, denominada de antena Mouth, gerada por meio de um algoritmo composto por uma equação polar. A estrutura proposta foi projetada para a faixa das micro-ondas, mais precisamente o projeto apresentou duas faixas de operação sendo a primeira em 3,50 GHz e a outra em 6,50 GHz, onde temos possíveis aplicações em FSS (Serviço Fixo por Satélite), ARNS, Telefonia Celular, dispositivos que operam o 5G.

Para a construção da antena foi feito uso de um material de baixo custo, neste caso foi utilizado o material FR4 fibra de vidro, como permissividade relativa de 4,4 e uma tangente de perdas de 0,02 como uma espessura de 1,5 mm. A estrutura como um todo foi excitada pela técnica de linha de microfita e os resultados mostraram uma ótima concordância entre simulação e medição, com boas características de irradiação e ótima largura de banda, validando assim o projeto da antena bioinspirada proposta.

## REFERÊNCIAS

BALANIS, C. A. **Antenna theory-analysis and design**, 2nd ed. USA: John Wiley & Sons, 1997.

KUMAR, G.; RAY, K. P. **Broadband microstrip antennas**, USA: Artech House, 2003.

GARG, R.; BHARTIA, P.; BAHL, I.; ITTIPIBOON, A. **Microstrip Antenna Design Handbook**, Boston, USA: Artech House, Inc., 2001.

Y. J. Sung, C. S. Ahn, and Y.-S. Kim, “**Size reduction and harmonic suppression of rat-race hybrid coupler using defected ground structure**,” IEEE Microwave and Wireless Components Letters, pp. 7-9, 2004.

DARVICH, M; HASSANI, H. R. “**Quad band CPW Antenna for PCS, Bluetooth, WiMAX and WLAN Applications**,” Advanced Electromagnetics Symposium, AES 2012, Paris, France, pp. 265-269, 2012.

Ansoft Designer (part of ANSYS Inc.) [Online]. Available: [www.ansoft.com](http://www.ansoft.com).

ANATEL. **Agência Nacional de Telecomunicações**. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/espectro>. Acesso em: 27 de Dez. 2024.

MORETTI, Isabella. “**Regras da ABNT para TCC: conheça as principais normas**”. 2024. Disponível em: <<https://viacarreira.com/regras-da-abnt-para-tcc-conheca-principais-normas>>. Acesso em: 27 de Dez. 2024.

# AVALIAÇÃO DE CATALISADORES AUTOMOTIVOS ESTRUTURA PEROVSKITA $\text{TR}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ (TR= La E Gd; X=0,2) COMO AGENTES DE TECNOLOGIA VERDE

Data de submissão: 03/02/2025

Data de aceite: 05/03/2025

### **Luiz Alberto dos Santos Costa**

Universidade Federal do Rio Grande do  
Norte (UFRN), Natal, Brasil

### **Davidson Nunes de Oliveira**

Universidade Federal do Rio Grande  
(UFRN), Natal, Brasil

### **Thais Silva Nascimento**

Universidade Federal do Rio Grande  
(UFRN), Natal, Brasil

### **Yasmim Ilíada Cury Rodrigues**

Universidade Federal do Rio Grande  
(UFRN), Natal, Brasil

### **Victor Daniel Bevenuto de Medeiros**

Universidade Federal do Rio Grande  
(UFRN), Natal, Brasil

### **Filipe Martel de Magalhães Borges**

Universidade Federal do Rio Grande  
(UFRN), Natal, Brasil

**RESUMO:** A utilização de perovskita com terras raras como catalisador tem sido utilizado para a prevenção da emissão de gases poluentes na atmosfera. O trabalho tem o objetivo de sintetizar e caracterizar os catalisadores tipo perovskita  $\text{TR}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$  (TR=La e Gd; x=0,2) via método Pechini e

avaliação catalítica. As perovskitas foram caracterizadas pelas técnicas ATG, DRX, e MEV. O catalisador à base de lantânio converteu 99% do  $\text{CH}_4$  em  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , sendo promissor na redução dos gases nocivos à saúde e ao meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** perovskita; catalisador; Pechini; poluentes; meio ambiente

## INTRODUÇÃO

A Agenda 2030 tem como tema “TRANSFORMANDO O NOSSO MUNDO: A AGENDA 2030 PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”. Para isso foram definidos, pelos Chefes de Estados e Governos e altos representantes, reunidos na sede da Nações Unidas em Nova York de 25 a 27 de Setembro de 2015, os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas associadas que são integradas e indivisíveis. Determinando, proteger o planeta da degradação, sobretudo por meio do consumo e da produção sustentável, da gestão sustentável dos seus recursos naturais e tomando medidas

urgentes sobre a mudança climática para que ele possa suportar as necessidades das gerações presentes e futuras (AGENDA 2030). Uma das discussões, citadas em questões do meio ambiente, que acontecem frequentemente, são as do efeito estufa. Visto que, esse efeito é um fenômeno natural e que possibilita a vida na Terra, que faz com que parte dos raios infravermelhos, que são refletidos pela superfície terrestre, sejam absorvidos e devolvidos, em várias direções, pelos gases do efeito estufa (GEE), diminuindo a perda de calor para o espaço, fazendo com que a troposfera fique mais quente (Junges et, al.,2020). A intensificação do aquecimento global tem levado a um aumento de fenômenos extremos como secas, inundações e aumento do nível do mar. Em 2022, muitos desastres climáticos assolaram o Brasil. Em Petrópolis, no Rio de Janeiro, tivemos a maior tragédia da história da cidade no início do ano. O registro da pior tempestade de todos os tempos na localidade é uma das consequências do agravamento das mudanças climáticas no mundo (UNICEF). As catastróficas chuvas do Nordeste de maio e junho, desse mesmo ano, se tornaram os primeiros extremos climáticos no Brasil a serem comprovadamente associadas às emissões humanas de gases do efeito estufa, como desmatamento e queima de combustíveis fósseis. Se não fossem as mudanças climáticas, o Nordeste, principalmente Pernambuco, não teria sofrido uma das maiores tragédias de sua história (O Globo, 2022). Durante a abertura da II Conferência Potiguar do Clima do Rio Grande do Norte, realizada no período de 11 a 13 de abril do corrente ano, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte/UFRN, a Dra. Judith Johanna do Departamento de Ciências Atmosférica e Climáticas (DCAC/UFRN, Natal,RN), diz que “Temos a necessidade, nas cidades, de um sistema de controle da poluição do ar, pois a poluição é invisível e que não temos noção, da qualidade do ar sem um monitoramento, e que é fácil de dizer que, por não termos monitoramento, não temos problema com qualidade do ar, mas para saber disso precisamos medir, pois mesmo uma cidade como Natal, que costumamos dizer que temos o melhor ar das américas, porém isso não é verdade. Em todas as cidades nós temos uma grande fonte de emissão de GEE que é a frota veicular. Esse setor acaba gerando uma má qualidade do ar e um aumento dos GEE da atmosfera, contribuindo para as mudanças climáticas.” Uma outra preocupação citada também no II COP Clima do RN, foi o aumento do nível do mar. Nesse sentido, o Dr. Venerando Eustáquio Amaro do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UFRN (DECAM/UFRN), em sua apresentação sobre Emergência Climática e os Desastres Costeiros no Rio Grande do Norte, anunciou que “No Rio grande do Norte, nós já temos medidas que já demonstram um aumento do nível do mar de 3,7 a 5,6 mm/ano, índice maior que o nacional que é de 3,4 mm/ano, tendo como consequência mais erosão e mais inundações.”. Em uma das apresentações do Dr. Venerando, é demonstrado uma perspectiva de perda litorânea, podendo transformar o município de Galinhos/RN em pequenas ilhas, por consequência deste aumento do nível do mar.

Com todos esses acontecimentos, questões ambientais ganharam atenção significativa e se tornaram um forte ponto de discussão mundial. Dada a seriedade do problema climático global, há um consenso geral para desenvolvimento do baixo carbono (Wang et al., 2024). O aspecto da produtividade do total verde é o foco orientado para fortalecer a inovação de tecnologia (Olawumi et al., 2023). Muitos estudiosos reconheceram que as inovações tecnológicas desempenham um papel crucial em influenciar o verde e o baixo carbono, transformando as indústrias para alcançar a redução da emissão de carbono (Mo, 2020). Porém, nas últimas décadas, com o aumento acelerado das emissões dos compostos orgânicos voláteis (COVs), precursores da poluição do ar, houve a necessidade de criação de um sistema de degradação eficiente e estável é iminente (Zheng et al., 2021).

Em meio a essas discussões globais sobre mudanças climáticas e desenvolvimento sustentável, um dos desafios mais urgentes é a melhoria da qualidade do ar que respiramos. O monóxido de carbono (CO), um gás incolor, inodoro e altamente tóxico, é um dos principais poluentes atmosféricos que precisamos enfrentar (Segura, 2023).

O monóxido de carbono é produzido principalmente pela queima incompleta de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás, bem como pela queima de madeira e outros materiais orgânicos. Sendo um perigo direto para a saúde humana, o CO também contribui para o efeito estufa e a mudança climática.

A exposição ao monóxido de carbono pode causar uma série de problemas de saúde graves, desde dores de cabeça e tontura até danos ao sistema nervoso central e morte em casos extremos (Yang et al, 2024). Portanto, é crucial desenvolver tecnologias eficazes para reduzir as emissões de CO e melhorar a qualidade do ar.

Os estudos para criação de projetos para diminuição de emissão de GEE continuam sendo realizados. Um deles é o uso de catalisadores automotivos utilizando materiais tipo perovskita (Mohammadi et al, 2024) com estrutura cristalina  $ABO_3$ , onde o sítio A e B representam dois cátions, que detêm uma rede de octaedros  $BO_6$  compartilhando vértices que envolvem um cátion maior no sítio A. Distorções da estrutura cúbica podem surgir devido ao desajuste de tamanho entre os cátions e o ânion, o que pode acarretar em estruturas perovskitas adicionais e/ou óxidos (Voorhoeve et al, 1976). A produção de um catalisador eficiente se faz necessária, pois a grande quantidade de automóveis que funcionam utilizando combustíveis fósseis, produzindo uma poluição atmosférica, constitui uma grave ameaça à qualidade de vida (Silva, 2019). O atual trabalho tem como objetivo a síntese de dois materiais de estrutura perovskita catalítica: LA ( $La_{0,8}Ca_{0,2}MnO_3$ ) e GD ( $Gd_{0,8}Ca_{0,2}MnO_3$ ) pelo método Pechini com o objetivo de produzir um material de alta homogeneidade, poroso, pouca impureza, monofásico e fator de tolerância adequado para a aplicação na catálise automotiva, pois estas características influenciam o comportamento catalítico que determina as propriedades dos óxidos em sua aplicação. Com a substituição parcial em grande escala tem um efeito favorável sobre a conversão em reações de combustão de metano (COVs) (Merino et al, 2006). Os catalisadores heterogêneos têm sido importantes

para o estudo da conversão do metano, contribuindo para minimizar os danos à saúde humana e a poluição do meio ambiente. Em suma, a melhoria da qualidade do ar que respiramos é um desafio complexo que requer uma combinação de estratégias, incluindo a inovação tecnológica, a mudança para fontes de energia limpa e a conscientização pública sobre os perigos do CO. No entanto, com o compromisso global com a Agenda 2030 e o desenvolvimento sustentável, há razões para ser otimista de que podemos enfrentar esse desafio e criar um futuro mais limpo e saudável para todos. Colaborando com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que criou, através da Resolução Conama nº 18, de 6 de maio de 1986, o Programa de Controle da Poluição do ar por Veículos Automotores (PROCONVE), que desde o seu surgimento, fez com que a produção dos gases poluentes diminuíssem 98%, conforme dados do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), Onde, antes do programa, um veículo leve lançava 54 g/km de monóxido de carbono e hoje lança cerca de 0,4 g/km. Contribuindo também com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) 3, 9 e 13 da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) (Nações Unidas Brasil, 2024).

MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento de síntese consiste em várias etapas, onde ambas as perovskitas catalíticas  $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{MnO}_3$  (LA) e  $\text{Gd}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{MnO}_3$  (GD) foram sintetizadas a partir do método Pechini (Pechini, 1967). Os sais precursores metálicos (nitratos) utilizados encontram-se detalhados na tabela 1, a qual descreve suas respectivas composições, purezas e fabricantes.

Catalisador	Sais precursores metálicos	Fabricante/ Pureza(%)
LA	$\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Vetec/98,0
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Vetec/98,0
	$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Vetec/98,0
GD	$\text{Gd}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Sigma-Aldrich/99
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Vetec/99
	$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Vetec/97

Tabela 1. Reagentes utilizados nos catalisadores LA e GD

O método consiste na diluição de agentes precursores para a obtenção de uma resina polimérica, a qual será submetida a pré-calcinação, onde teremos a formação de pós cerâmicos e então é feita a calcinação, como mostra o modelo (figura 1). A imagem foi tratada pelo software Figma.



Figura 1. Fluxograma explicativo sobre o método Pechini

Para o catalisador LA houve a diluição do ácido cítrico (Vetec, 99,5%) em água destilada a 70 °C por 30 minutos sob agitação constante, em seguida foram adicionados os nitratos na proporção molar Ni:AC=1:1,5 (Nitratos:Ácido Cítrico), os quais permaneceram sob agitação por 1 hora e adicionou-se o etilenoglicol na proporção 40:60 (ácido cítrico:etilenoglicol) para evaporação da água e formação da resina polimérica. Para a pré-calcinação, os pós obtidos permaneceram no forno por 4h com uma taxa de aquecimento de 10 °C/min., na temperatura de 350 °C para formar o pó precursor. O processo de pré-calcinação consiste na remoção de gás carbônico, água e outros gases formados (Rokhmawati, 2020).

Para o catalisador GD, ácido cítrico (Vetec, 99,5%) foi diluído em água destilada a 70 °C por 30 minutos sob agitação constante, e então foram adicionados os nitratos na proporção de Ni:AC=1:3 (nitratos:ácido cítrico), os quais permaneceram 1h sob agitação constante, e em seguida foi adicionado etilenoglicol na proporção 40:60 (ácido cítrico:etilenoglicol) e a temperatura da água foi ajustada para 90 °C para evaporação da água e formação da resina polimérica e levá-la para pré-calcinação a 300 °C durante 4h com taxa de aquecimento de 10 °C/min, para remoção de gás carbônico água e outros gases formados (Rokhmawati, 2020). Os dados foram tratados pelo software Origin 2024, da OriginLab.



Os catalisadores obtidos foram caracterizados pela Análise Termogravimétrica (ATG) e sua derivada, utilizando o equipamento ATG da Shimadzu, na temperatura entre 25 e 900 °C, taxa de aquecimento de 10 °C/min. e sob atmosfera de ar com fluxo de 100 ml/min., no intuito de identificar a temperatura em que o material atinge sua estabilidade térmica, uma das principais características dos catalisadores (Saadatkhan et al., 2019). Após isso os catalisadores foram levados para calcinação nas temperaturas de 700 e 900 °C por 4h numa taxa de aquecimento de 10 °C/min., e então caracterizados pela técnica de Difração de Raio X, para análise estrutural, obtendo-se suas fases cristalinas. Foi utilizada radiação CuK $\alpha$  ( $\lambda=1,54$  Å) com  $2\theta$  variando de 10 a 80°, com velocidade de varredura de 1°/min. no equipamento XRD-6000 da Shimadzu, e os resultados das fases estudadas dos difratogramas foram analisados no programa Crystallographica Search-Match. A estabilidade dos materiais foi analisada por cálculos empíricos do fator de tolerância de Goldschmidt (*tf*). Para a morfologia dos catalisadores, foi utilizada a técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV-FEG), a qual consiste em emissões de feixes de elétrons por um filamento capilar de tungstênio, o qual representa o eletrodo negativo, mediante a aplicação de uma diferença de potencial que pode variar de 0,5 a 30 KV. O equipamento utilizado para o catalisador LA foi o modelo XL30 ESEM, da marca Philips, por elétrons secundários, com aumento de 10000 vezes. Para o catalisador GD, o equipamento utilizado foi o Hitachi TM3000 com aumento de imagem de 3000 vezes.

O teste catalítico foi realizado com uma amostra de catalisador de 0,05g em um micro reator tubular de leito fixo na forma de “U”. Os reagentes foram adicionados sob fluxo de 100mL/min da mistura reacional de 2,5% de metano e 10% de oxigênio, ambos diluídos em nitrogênio, com razão molar do O<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> = 4. A avaliação catalítica foi realizada a partir da análise das curvas de estabilidade com tempo reacional de 30 min e rampas de aquecimento e resfriamento, as quais foram realizadas na faixa de temperaturas de 200 °C a 800 °C. Ambos os testes foram utilizados para avaliar as reações de combustão de metano (Marques et al., 2018) na conversão em CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas termogravimétricas e derivadas dos catalisadores LA (figura 2) e do material obtido à base de Gadolínio GD (figura 3) mostraram que houveram quatro e cinco eventos térmicos respectivamente (tabela 2). Tais eventos são atribuídos à desidratação da amostra, referente à perda de água, e decomposição da matéria orgânica, associado ao material volátil decomposto da matéria orgânica remanescente pela oxidação de quelatos (Marques et al., 2019). O catalisador LA se torna estável a partir de aproximadamente 825 °C, e a composição GD estabiliza próximo a 862 °C. A partir da análise das curvas TG observou-se uma maior perda de massa por parte de LA (34,21%) em relação à GD (31,81%), como observado nas figuras 2 e 3. Essa maior perda de massa nos informa a

respeito da maior quantidade de matéria orgânica na composição GD, que refere-se a uma menor solubilidade. Desta forma, contribuindo com uma maior resistência à formação da fase desejada.

A solubilidade dos sais precursores é um fator crucial na formação da fase desejada em uma reação química. Reagentes com maior solubilidade podem se dissolver mais completamente, facilitando a reação e a formação da fase desejada. A solubilidade também influencia a taxa de reação, pois reagentes mais solúveis podem aumentar a concentração na solução, levando a colisões mais efetivas. Além disso, reagentes altamente solúveis podem transferir energia de forma mais eficiente, superando barreiras de energia e permitindo que a reação prossiga (Braga, 2014).

Ao analisar a solubilidade dos sais precursores nitrato de lantânio hexahidratado e nitrato de gadolínio em água à temperatura ambiente, observamos que o nitrato de lantânio hexahidratado apresenta um produto de solubilidade equivalente a 8,23, enquanto que o nitrato de gadolínio apresenta o produto de solubilidade de 6,94 (Abrão, 1994).

Isso significa que, em condições idênticas, mais moléculas de nitrato de lantânio hexahidratado podem ser dissolvidas em comparação com o nitrato de gadolínio. Portanto, o nitrato de lantânio hexahidratado é mais solúvel do que o nitrato de gadolínio.

A maior solubilidade do nitrato de lantânio hexahidratado implica que ele é mais propenso a formar uma reação homogênea em solução para a obtenção da resina polimérica e melhorar a taxa de reação (Braga, 2014).

Catalisador/ Composto	Temp. inicial / °C	Temp. final / °C	Evento térmico
LA	25	233	Desidratação
	366	521	Decomposição da matéria orgânica
	521	646	Decomposição da matéria orgânica
	646	825	Decomposição da matéria orgânica
GD	27	82	Desidratação
	82	197	Desidratação
	227	417	Decomposição da matéria orgânica
	667	772	Decomposição da matéria orgânica
	772	862	Decomposição da matéria orgânica

Tabela 2. Análise da curva termogravimétrica do catalisador

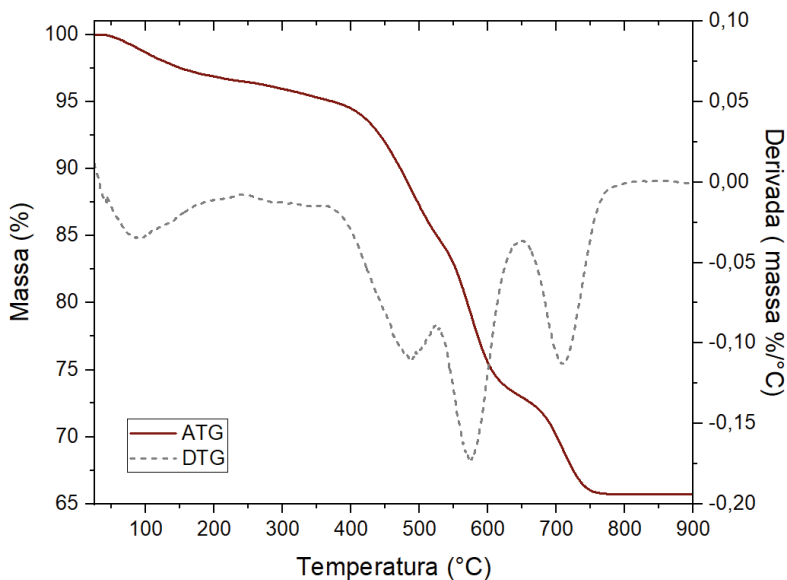


Figura 2. Curvas ATG e DTG do pó precursor calcinado a 300 °C/4h do catalisador LA em atmosfera de ar

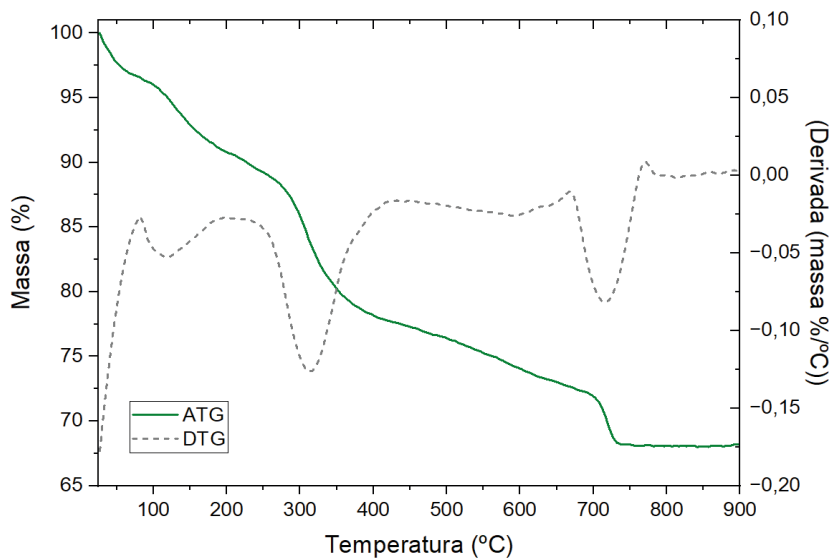


Figura 3. Curvas ATG e DTG do pó precursor calcinado a 300 °C/4h do catalisador de composição GD em atmosfera de ar

Os difratogramas do catalisador LA (figura 4) mostram que a fase da perovskita desejada, em ambas as temperaturas de calcinação, foi obtida e confirmada pela carta cristalográfica PDF- 44-1040. Não foram observadas fases secundárias. A perovskita se mostrou mais cristalina na temperatura de 700 °C, onde o valor de  $2\theta$  foi 32,86°, correspondente à intensidade de 2.012 e para temperatura de 900°C, o valor de  $2\theta$  foi 33,24°, correspondente à intensidade de 1.490.

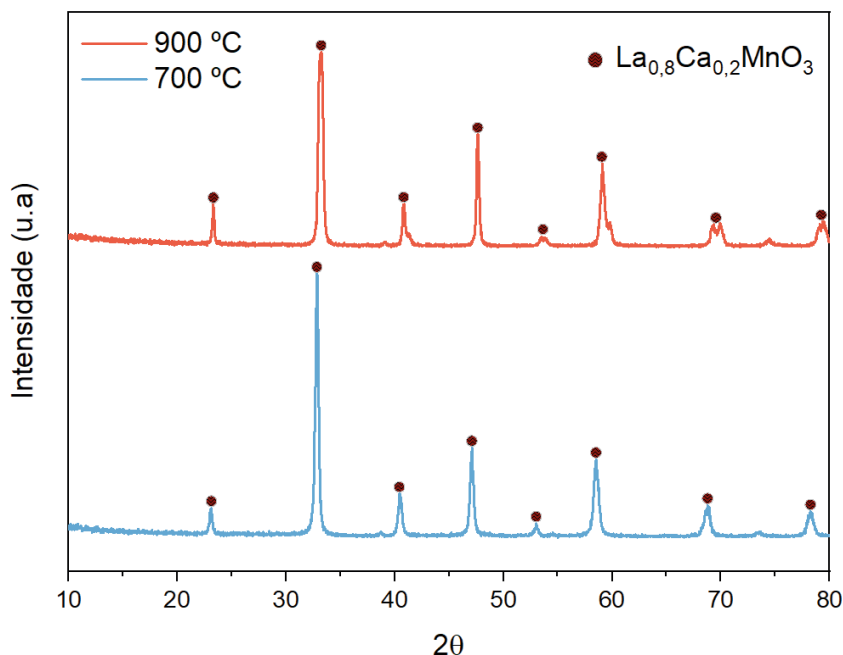


Figura 4. Difractogramas do catalisador LA

Nos difratogramas do catalisador de composição GD (figura 5), observa-se que não houve formação da fase substituída ( $\text{Gd}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{MnO}_3$ ), mas houve a formação de uma perovskita de fase não substituída  $\text{GdMnO}_3$  e a presença de fases secundárias, tais como óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ), fazendo com que a sua capacidade catalítica se torne menos eficiente, pois a elevada estabilidade da estrutura da perovskita permite esta substituição parcial e a consequente criação de defeitos estruturais como vagas aniônicas ou catiônicas e/ou alteração do estado de oxidação do cátion do metal de transição para manter a eletroneutralidade do composto. De modo geral, a substituição do sítio A afeta principalmente a quantidade de oxigênio absorvido, enquanto a substituição do sítio B influencia a natureza do oxigênio absorvido. Portanto, tal substituição isoestrutural produziria modificações no comportamento catalítico das perovskitas. (Merino et al., 2005)

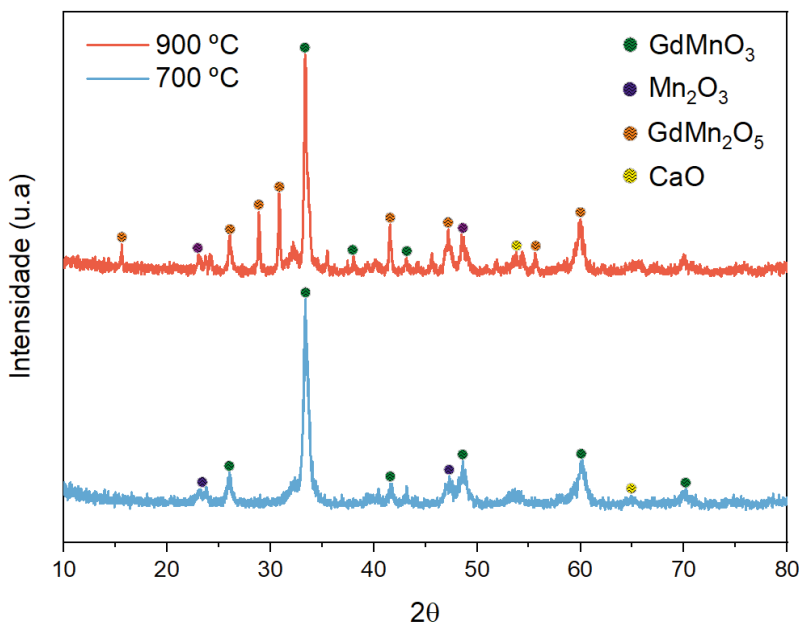


Figura 5. Difratogramas do catalisador de composição GD

Desta forma, não ocorrendo a substituição parcial no sítio A, afetando a atividade catalítica da composição GD. Os melhores resultados com estrôncio (metais alcalinos terrosos, como o cálcio) foram descritos com substituição parcial entre 10 e 20 mols% (Ashok et al., 2018). As cartas cristalográficas referentes às fases obtidas no material (tabela 3) confirmam sua composição.

Fase	Carta
GdMnO <sub>3</sub>	PDF-25-337
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PDF-18-801
GdMn <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PDF-52-301
CaO	PDF-28-775

Tabela 3. Cartas cristalográficas das fases obtidas do catalisador de composição GD

A contração lantanídica consiste na diminuição constante no tamanho dos átomos e íons dos elementos terras raras, com o aumento do número atômico partindo do elemento lantânio (Z: 57) até o Itérbio (Z: 70). Sendo que para cada átomo consecutivo a carga nuclear é mais positiva em uma unidade, esta acompanhada de um aumento correspondente do número de elétrons presentes nos orbitais 4f que circundam o núcleo. Esses orbitais 4f difusos com seus três nós radiais protegem mal do aumento da carga positiva do núcleo, resultando em um aumento constante da carga nuclear efetiva que atrai cada elétron, através dos elementos lantanóides (Britannica, 2011), de acordo com a tabela 4, (Marques et al, 2019).

Elemento	Raio iônico (pm)
Lantânio (La)	117,2
Cério (Ce)	115,0
Praseodímio (Pr)	113,0
Neodímio (Nd)	112,3
Promécio (Pm)	111,0
Samário (Sm)	109,8
Európio (Eu)	108,7
Gadolínio (Gd)	107,8
Térbio (Tb)	106,3
Disprósio (Dy)	105,2
Hólmio (Ho)	104,1
Érbio (Er)	103,0
Túlio (Tm)	102,0
Íterbio (Yb)	100,8
Lutécio (Lu)	100,1

Tabela 4. Raio iônicos dos lantanídeos

Fonte: [www.webelements.com](http://www.webelements.com)

Os orbitais  $n = 5$  e  $6$  da carga nuclear, e assim esses orbitais de valência são mantidos mais próximos do núcleo do que seriam de outra forma, dando aos elementos lantanídeos raios atômicos menores do que o esperado (Bart, 2023).

O raio iônico do cálcio é ligeiramente maior que do gadolínio (114 e 107,8 pm respectivamente), desta forma, a substituição parcial no sítio A provocará uma certa instabilidade na rede perovskita, obtendo assim a formação de óxido de cálcio (CaO) e a perovskita não substituída ( $\text{GdMnO}_3$ ). Esta comprovação pode ser observada pelo cálculo do fator de tolerância de Goldschmidt.

O “fator de tolerância” ( $tf$ ) da estrutura dos catalisadores LA e GD, foi obtida através da equação de Goldschmidt (equação 1), definida como:

$$tf = \frac{r_A + r_O}{\sqrt{r_B}} \quad (1)$$

Onde  $r_A$ ,  $r_B$  e  $r_O$  são os raios iônicos:  $r_A$  é o raio iônico do sítio A (para LA:  $0,8 \cdot \text{La} + 0,2 \cdot \text{Ca}$ ; para GD:  $0,8 \cdot \text{Gd} + 0,2 \cdot \text{Ca}$ ),  $r_B$  é o raio iônico do sítio B (Mn) e  $r_O$  é o raio iônico do oxigênio. Por definição, o fator de tolerância ( $tf$ ) é igual a 1 em uma rede perovskita ideal. Uma vez que  $tf$  é menor que 1, a estrutura fica distorcida. De acordo com Goldschmidt, a estrutura de perovskita distorcida é estável se  $0,8 \leq tf \leq 1,0$ . O  $tf$  do catalisador LA equivale a 0,87 e o catalisador GD corresponde a 0,83, o que indica estruturas de perovskita suficientemente estáveis em ambos os catalisadores (Ramos-Terrón et al, 2020). Porém, o lantânio possui uma maior estabilidade por apresentar maior fator de tolerância de Goldschmidt (Albrecht, 2023).

Os resultados das micrografias do catalisador LA (figuras 6 e 7) mostraram que o material é poroso e homogêneo, em ambas as temperaturas de calcinação (700 e 900 °C), como também observa-se a formação estrutural similar a de um cubo distorcido (Figueiredo, 2022).

Na composição GD (figuras 8 e 9), os resultados das micrografias, também apresentaram porosidade e homogeneidade em ambas as temperaturas de calcinação.

Essas propriedades são relevantes na atividade catalítica do material, pois favorece a possibilidade da conversão de gases tóxicos, através da reação de catálise oxidativa, que acontece na superfície do catalisador, pelo mecanismo de dessorção e adsorção por meio dos poros (Wang et al., 2018).

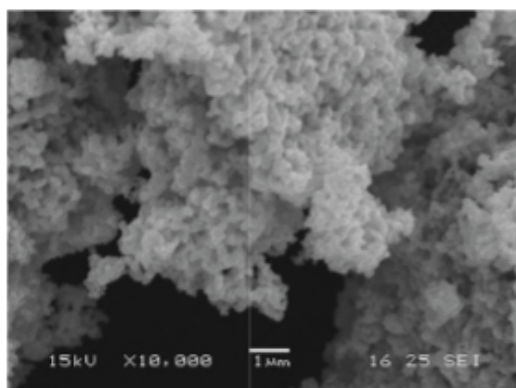


Figura 6. Micrografias do catalisador LA na temperatura de 700 °C

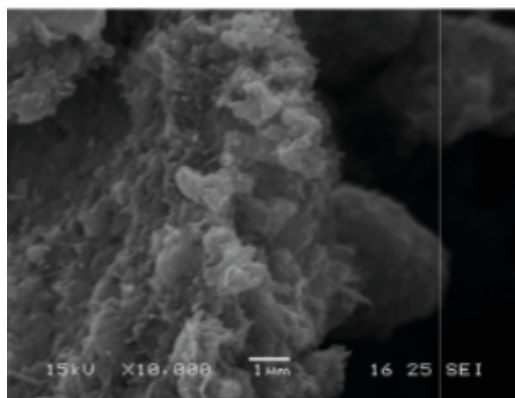


Figura 7. Micrografias do catalisador LA na temperatura de 900 °C

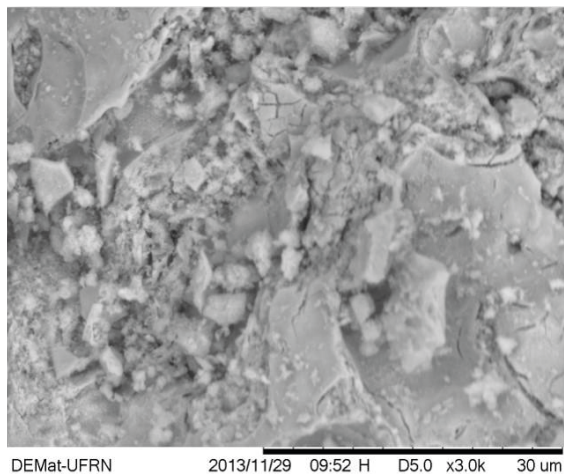


Figura 8. Micrografias do composto catalítico GD na temperatura de 700 °C

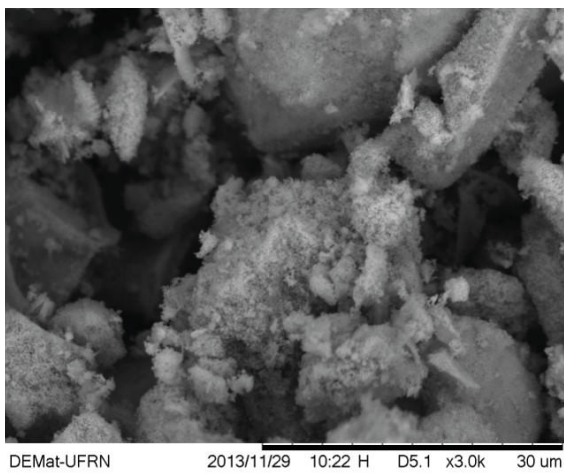


Figura 9. Micrografias do catalisador de composição GD na temperatura de 900 °C

A avaliação do catalisador LA mostrou alta atividade catalítica na combustão de metano em dióxido de carbono e água, convertendo aproximadamente 34% do gás a 500° C, 73% a 600 °C, e aproximadamente 100% depois que a temperatura atingiu 800 °C, e se manteve estável durante todo o tempo de reação, observando que as rampas de aquecimento e resfriamento (figura 10) apresentaram alta sobreposição comprovando assim alta estabilidade do catalisador durante todo o tempo reacional, como visto na curva de estabilidade, fator importante para avaliar o potencial de uso deste catalisador (figura 11). O catalisador de composição GD mostrou que na temperatura de 500° C, o material obteve conversão inferior a 2%, em 600 °C o material apresentava uma conversão abaixo de 6% e quando atingiu a temperatura máxima, 800 °C, a conversão de metano em dióxido de carbono e água subiu para aproximadamente 40%. As rampas de aquecimento e



resfriamento apresentaram comportamento bem distinto do catalisador LA, tendo em vista que não houve sobreposição, o que refletiu na dificuldade da estabilidade do catalisador de composição GD se manter constante. Devido a esse comportamento ocorreu uma pequena diminuição na estabilidade do catalisador de composição GD (figura 12), e com baixa taxa de conversão. Os valores de conversão correspondentes às temperaturas de análise para avaliação dos catalisadores estão presentes na tabela 5.

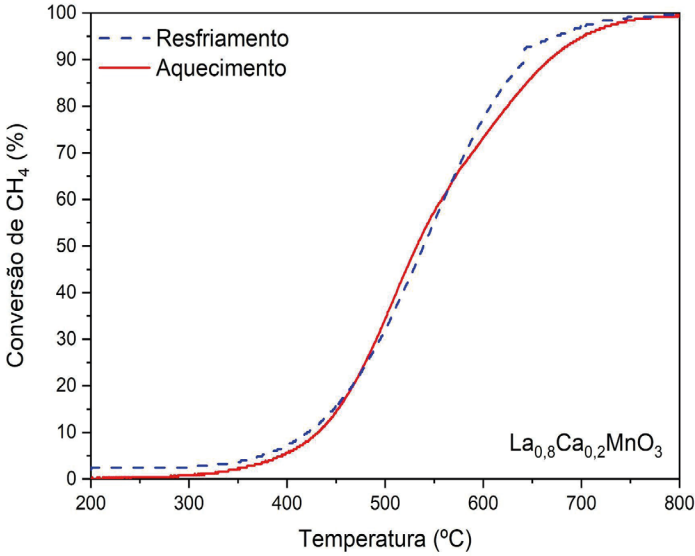


Figura 10. Curvas de resfriamento e aquecimento do catalisador LA

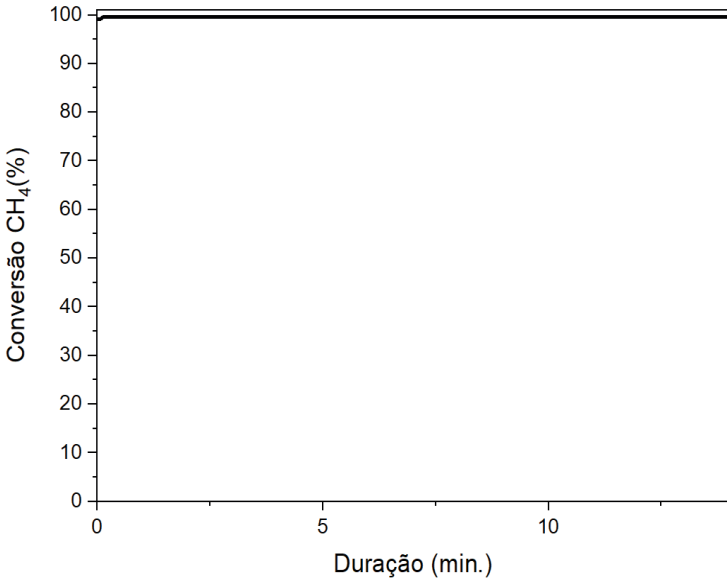


Figura 11. Curva de estabilidade do catalisador LA

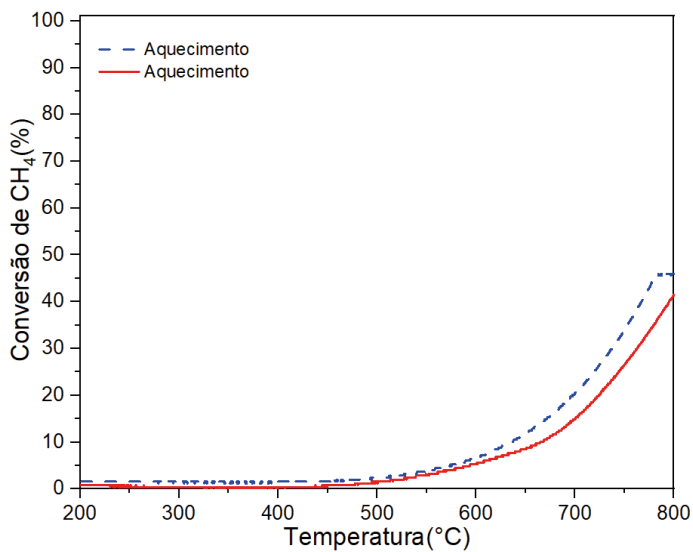


Figura 12. Curvas de resfriamento e aquecimento do catalisador GD

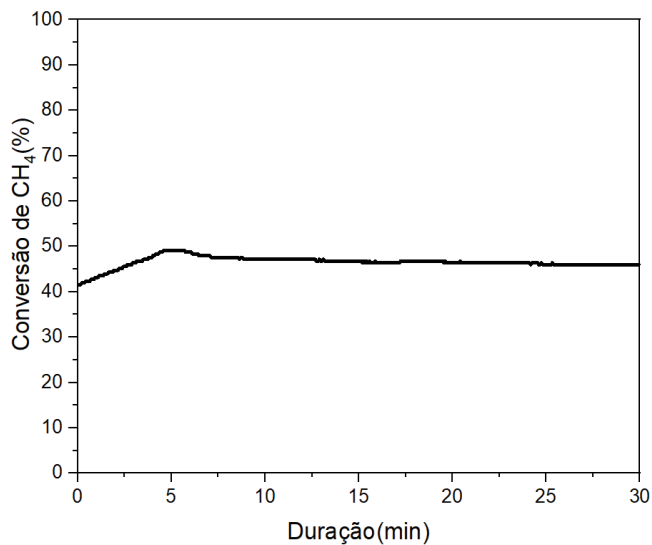


Figura 13. Curva de estabilidade do catalisador de composição GD

Catalisador/ Composto	Temperatura °C	Conversão (%)
LA	500	34,27
	600	73,39
	800	99,60
GD	500	1,61
	600	5,24
	800	41,53

Tabela 5. Avaliação catalítica dos catalisadores

## CONCLUSÃO

A composição de  $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{MnO}_3$  foi mais eficiente como catalisador, pois teve uma conversão de 99,60% dos produtos de combustão de metano em gases menos nocivos, em comparação com os 41,53% da composição GD em ambos na temperatura de 800 °C. Essa diferença deve-se à dificuldade da composição GD de se manter estável, tendo seus valores de conversão, dos COVs em  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , comprometidos. Fatores como maior efeito da contração lantanídica e menor fator de tolerância de Goldschmidt, corroboram para não ocorrer a substituição parcial na composição GD, apresentando assim uma baixa atividade catalítica. Desta forma a aplicação de catalisadores tipo perovskita estrutura  $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{MnO}_3$  é altamente viável e promissora, considerando pontos que partem da otimização da síntese com melhor produto de solubilidade e características importantes, como porosidade e cristalinidade que contribuem para utilização como catalisador automotivo, estando de acordo não só com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 3, 9 e 13, da Agenda 2030 da ONU, mas também com as ditas *Green Tech*, as quais pautam a contemporaneidade das medidas de solução para um mundo mais verde e sustentável.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao fomento pelas bolsas concedidas pela Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (EC&T/UFRN) e Pró-Reitoria de Pesquisa (PROPESQ/UFRN). Pelas caracterizações realizadas e avaliação catalítica, o Programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), o Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis (CTGAS-ER/RN) e o Programa de Pós-graduação de Engenharia de Materiais (PPGCEM/UFRN).

## REFERÊNCIAS

Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>> Acesso em 07/05/2024.

Albrecht, E. K., Karttunen, A. J., Investigation on the predictive power of tolerance factor  $\tau$  for A-site double perovskite oxides, Dalton Trans., 2023, 52, 12461

Ashok, A.; Kumar, A.; Bhosale, R. R.; Almomani, F.; Malik, S., S.; Suslov, S.; Tarlocham, F. Combustion synthesis of bifunctional  $\text{LaMO}_3$  (M = Cr, Mn, Fe, Co, Ni) perovskites for oxygen reduction and oxygen evolution reaction in alkaline media. Journal of Electroanalytical Chemistry 809, 2018, p. 22–30.

Abrão, A.. Química e tecnologia das terras-raras. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 1994.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 492, 20 de dezembro de 2018. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 20 dez. 2023. Seção 1, p. 123-124.

Bart, S. C., What is the “Lanthanide Contraction”?, Inorg. Chem. 2023, 62, 9, 3713–3714

Braga, G. B., A química das terras raras e suas potencialidades, Monografia de TCC – Química – Bacharelado – UFSJ - 2014.

Figueiredo L. S.. Síntese e caracterização de filmes de perovskita híbrida orgânica-inorgânica de  $\text{APbI}_3$  contendo pontos quânticos de PbS para aplicação em sistemas optoeletrônicos. Tese de mestrado, 67, 2022.

Fundo das Nações Unidas Para a Infância, UNICEF. disponível em: <<https://www.unicef.org/brazil/blog/os-desastres-brasileiros-e-suas-relacoes-com-mudancas-climaticas>> Acesso em 07/05/2024.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente - Proconve resulta em ganhos ambientais no controle da qualidade do ar, disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2024/proconve-resultado-em-ganhos-ambientais-no-controle-da-qualidade-do-ar>> Acesso em 07/05/2024

Junges, A. L.; Buhler, A. J. B.; Massoni, N. T.; Siebeneichler, A. F. S. Caderno Brasileiro de Ensino de Física: O “Efeito Estufa” na Sala de Aula: um experimento de baixo custo para demonstrar a absorção de radiação infravermelha por gases estufa como o dióxido de carbono. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 37, 16, 2020.

Marques A. C., Carvalho C. C., Campos A. S., Freire F. O., Borges F. M. M., Ruiz J. A. C.. Efeito da contração lantanídica na atividade catalítica das perovskitas  $\text{A}(1-\text{X})\text{CAXMNO}_3$  (A = La, Pr, Gd). Tayronne de Almeida Rodrigues, João Leandro Neto, Dennyura Oliveira Galvão. Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia v5. Editora Atena, Ponta Grossa (PR), 2019, p. 261-271..

Marques A. C, Fernandes, M. C. M, Carvalho, C. C, Paiva, A. K. O, Borges, F.M.M., Freire, F. O., Campos, A. S., Ruiz, J. A. C. Estudo da influência da proporção do substituinte cálcio na atividade catalítica na rede da perovskita  $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MNO}_3$  ( $x=0,2$  e  $0,4$ ). Marcia Regina Werner Schneider Abdala(Org.). Ciência e Engenharia de Materiais. Editora Atena, Ponta Grossa (PR), 2018.

Mohammadi, A., Thurner, C. W., Haug, L., Bekheet, M. F., Müller, J. T., Gurlo, A., Hejny, C., Nezhad, P. D. K., Winkler, D., Riedel, W., Penner, S.. How defects in lanthanum iron manganite perovskite structures promote the catalytic reduction of NO by CO, Materials Today Chemistry, Volume 35, 2024,

Merino, N. A., Bibiana P. Barbero, Paul Grange, Luis E. Cadús.  $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CoO}_3$  perovskite-type oxides: preparation, characterisation, stability, and catalytic potentiality for the total oxidation of propane. Journal of Catalysis, vol. 231, 12, 2005.

Merino, N. A., Bibiana P. Barbero, Paul Grange, Luis E. Cadús. Synthesis, characterisation, catalytic activity and structural stability of  $\text{LaCo}_{1-y}\text{Fe}_y\text{O}_{3\pm\lambda}$  perovskite catalysts for combustion of ethanol and propane, Journal of Catalysis vol.240 pag. 245–257, 2006.

- Mo, J.Y., Technological innovation and its impact on carbon emissions: evidence from Korea manufacturing firms participating emission trading scheme, *Technol. Anal. Strateg. Manag.* 34, 2022, p. 47–57.
- Olawumi, T. O., Chan, D. W. M., Saka, A. B., Ekundayo, D., Okolobia, A. O., Are there any gains in green-tech adoption? Unearthing the beneficial outcomes of smart-sustainable practices in Nigeria and Hong Kong built environment, *Journal of Cleaner Production*, Volume 410, 2023.
- Pechini, M. P.. Method of preparing lead and alkaline earth titanates and niobates and coating methods using the same to form a capacitor, US Patent 3.330.697, July 1 1967.
- Ramos-Terrón, S.; Jodlowski, A.D.; Verdugo Escamilla, C.; Camacho, L.; Miguel, G. Relaxing the Goldschmidt Tolerance Factor: Sizeable Incorporation of the Guanidinium Cation into a Two-Dimensional Ruddlesden-Popper Perovskite. *Chem. Mater.* 2020, 32, 9, 4024–4037.
- Rokhmawati, A.. Profit Decomposition: Analyzing the Pathway from Carbon Dioxide Emission Reduction to Revenues and Costs. *International Journal of Energy Economics and Policy*, [S. l.], v. 10, n. 4, p. 150–160, 2020.
- Saadatkhan N., Garcia A. C., Ackermann S., Philippe Leclerc, Latifi M., Samih S., Patience G. S., Chaouki J.. Experimental methods in chemical engineering: Thermogravimetric analysis—TGA. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, vol. 98, 9, 2020.
- Segura, M. C., Aspectos por considerar en autopsias por intoxicación aguda con monóxido de carbono, el asesino silente. A propósito de dos casos, *Revista Medicina Legal de Costa Rica* , Vol. 40, 2023
- Silva A. V. N., Souza W. M.. Evolução das emissões dos gases automotivos de veículos do ciclo Otto em Recife (Pernambuco). *Geama - Ciências Ambientais e Biotecnologia*, 10, 2019.
- Tragédia provocada por chuvas e deslizamento de barreiras é o maior desastre de Pernambuco do século 21, dizem especialistas - G1 PE, 2022. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2022/05/30/tragedia-provocada-por-chuvas-e-deslizamento-de-barreiras-e-o-maior-desastre-de-pernambuco-do-seculo-21-dizem-especialistas.ghtml>> Acesso em 10/05/2024.**
- Tragédia em Petrópolis - O GLOBO, disponível em: <<https://oglobo.globo.com/rio/tragedia-em-petropolis-globo-reune-especialistas-para-apontar-solucoes-que-aumentem-resiliencia-das-cidades-aos-extremos-do-clima-1-25405625>> Acesso em 10/05/2024.
- Voorhoeve, R. J. H.; Patel, C. K. N.; Trimble, L. E.; Kerl, R. J.; Gallagher, P. K. “HCN from the reduction of NO over platinum, palladium, ruthenium, monel and perovskite catalysts”. *Journal of Catalysis* vol. 45, 297-304, 1976.
- Wang, Y., Wang, J., Du, B., Xiong, Y., Yang, Y., Zhang, X. “Synthesis of hierarchically porous perovskite-carbon aerogel composite catalysts for the rapid degradation of fuchsin basic under microwave irradiation and an insight into probable catalytic mechanism”. *Applied Surface Science*, Shanghai, v. 439, p. 475-487, 2018.
- Wang, Q., Sun, J. , Korkut, U., Pata, Li, R., Kartal, M. T., Digital economy and carbon dioxide emissions: Examining the role of threshold variables, *Geoscience Frontiers*, Volume 15, Issue 3, 2024.
- Yang, C.H., Chen, P. H., Wu, C. H., Yang, C. S., Chuang, L. Y., Deep learning-based air pollution analysis on carbon monoxide in Taiwan, *Ecological Informatics*, Volume 80, 2024.
- Zheng, Y.; Chen, Y.; WU, E.; Liu, X.; Huang, B.; Xue, H.; Coa, C.; Luo, Y.; Qian, Q.; Chen, Q. Amorphous Boron Dispersed in LaCoO<sub>3</sub> with Large Oxygen Vacancies for Efficient Catalytic Propane Oxidation. *Chemistry A European Journal*, 2021.

# USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MEDIANTE AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIOS E INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES

*Data de submissão: 29/01/2025*

*Data de aceite: 05/03/2025*

**Ericka Maldonado Pesina**

<https://orcid.org/0000-0003-0926-5542>

**Cesar Martinez Tovar**

<https://orcid.org/0000-0001-8065-1185>

**Oscar Mario Galarza Sosa**

<https://orcid.org/0009-0009-5459-7563>

**Miguel Angel Gallegos de la Cruz**

<https://orcid.org/0000-0003-0000-3685>

**Cesar Ivan Elizondo Guzman**

<https://orcid.org/0009-0002-1066-5033>

**RESUMEN:** En la mayoría de las entidades públicas y privadas de México, se requiere de un uso responsable y eficiente de los recursos energéticos como parte de la responsabilidad social. Por lo cual se hace una constante búsqueda de los medios y formas de ser eficiente, en cuanto a energía eléctrica se refiere, lo que lleva a indagar cuál es la mejor manera para utilizar los recursos naturales y reducir los costos, y un punto en el cual las organizaciones han puesto gran atención para cumplir con los objetivos y metas antes mencionados, es el uso consciente de la energía eléctrica para lograr el mayor ahorro de esta. Con base

en lo anterior, se plantea un proyecto en el cual se considere cumplir con los objetivos de ahorro de energía eléctrica por medio de automatización, con la ayuda de sensores y paneles solares.

**PALABRAS CLAVE:** Energía eléctrica, Automatización, Paneles solares, Eficiencia

## EFFICIENT USE OF ELECTRIC ENERGY IN AN EDUCATIONAL INSTITUTION THROUGH BUILDING AUTOMATION AND INSTALLATION OF SOLAR PANELS.

**ABSTRACT:** In most public and private entities in Mexico, a responsible and efficient use of energy resources is required as part of social responsibility. Therefore, there is a constant search for means and methods to improve efficiency concerning electrical energy, which leads to investigating the best ways to utilize natural resources and reduce costs. One area that organizations have focused on to meet these objectives and goals is the conscious use of electrical energy to achieve maximum savings. Based on this, a project is proposed that aims to meet the objectives of electrical energy savings through automation, with the assistance of sensors and solar panels.

**KEYWORDS:** Electric energy, Automation, Solar panels, Efficiency

## INTRODUCCIÓN

El ahorro de energía de cualquier tipo, es un elemento esencial en la actualidad a nivel global desde una perspectiva doméstica hasta el nivel industrial, ya que con el uso óptimo de las mismas, permitiría atender las dificultades energéticas y la contaminación ambiental (Sencion et al., 2022), las cuales son puntos preocupantes y que son necesarios tener en cuenta por parte de la sociedad en general, ya que la mayoría de las energías convencionales en el presente son finitas (López & Bermúdez, 2023).

Por lo que es necesario encontrar alternativas innovadoras que permitan perfeccionar y hacer eficientes el uso de energía, que, en el caso de la energía eléctrica, dos elementos eficaces son la aplicación de la automatización de sistemas en conjunto con la instalación de paneles solares, con los cuales se puede lograr el principal objetivo de reducir la dependencia de los medios tradicionales de producción eléctrica, reducir costos operativos, ser amigables con el medio ambiente y crear conciencia con respecto al tema (Brasero, 2024).

Los sistemas de control automatizado han demostrado ser un medio eficaz para mejorar los consumos energéticos de cualquier rubro (De Loza & Villegas, 2024), y en especial a lo referente energía eléctrica. Por lo que se debe considerar como un punto de partida para encontrar alternativas viables que permitan el uso consciente y eficiente de energía eléctrica en cualquier organización (Lamk et al., 2021).

Asimismo, los paneles solares de última generación, han presentado una mejora constante en la producción de energía eléctrica a partir del sol (Criollo, 2023), por lo se pueden considerar como un medio excelente para ser una fuente alternativa de generación no tradicional, con la cual se logre una sustentabilidad ecológica acorde a las necesidades de la sociedad.

Por lo que, en conjunto, la automatización y los paneles solares, pueden ser componentes esenciales para alcanzar un equilibrio energético entre el medio ambiente y la humanidad, y que conlleve a corto plazo un desarrollo sostenible sin afectar el entorno y sin aumentar la contaminación.

Y con base en lo anterior, en el presente proyecto de investigación se propone un desarrollo que contempla la automatización de aires acondicionado e iluminación para el apagado y encendido considerado si hay o no personas en las áreas, además de un análisis para la instalación de paneles solares en una institución educativa, en las áreas de mayor consumo con el fin de hacer más eficiente el uso de energía eléctrica.

Ahora, en cuanto a la aplicación directa del proyecto, se debe indicar que es un punto elegido con base a las recientes reformas energéticas que se están presentando en nuestro país, por lo que es esencial estar a la par de las mismas.

## DESARROLLO

### Metodología

El proceso metodológico para el desarrollo del proyecto se contempló en dos apartados, debido a que por una parte se creará un prototipo de un sistema de automatización que controle los aires acondicionados y la iluminación para un apagado y encendido de los mismos con base en si hay o no personas dentro de las áreas de trabajo. Y, por otra parte, se llevará a cabo un análisis para la instalación de paneles solares, considerando plenamente las estimaciones y requerimientos de las áreas de trabajo seleccionadas, que en este caso serán el edificio “E” y “H” dentro del Instituto Tecnológico de Linares.

### Sistema de control automatizado

Para la construcción del prototipo, se implementó el método de diseño de proceso lineal (O’Grady, 2021), el cual se describe a continuación:

1. Identificación del problema.
2. Ideas preliminares.
3. Refinamiento del diseño.
4. Análisis de resultados.
5. Optimización del diseño.
6. Documentación.

Por lo cual y con base en lo anterior, primeramente, se estableció la problemática detectada, que consiste primordialmente en que, en las áreas de trabajo, los aires acondicionados y la iluminación se encuentran por lo general siempre encendidos sin importar si hay o no personas en las instalaciones, provocado un uso ineficiente de la energía eléctrica, así como el desgaste innecesario de los equipos.

Como siguiente etapa, se contempló que la solución más viable, es la de condicionar el encendido y apagado de los equipos con base en la instalación de un sistema de control automatizado con base en sensores de presencia, que permitan eficientar el consumo eléctrico, ya que al no detectar personas dentro de las áreas de trabajo se apagaran los equipos automáticamente y viceversa.

Como siguiente punto, se desarrolló una propuesta de prototipo, fundamentada en una tarjeta de control con microcontroladores, sensores de movimiento PIR, relevadores y una fuente de voltaje. Posteriormente, se realizaron pruebas de laboratorio con el prototipo funcional, con el fin de detectar fallas y área de oportunidad para su optimización.



## **Análisis para la instalación de paneles solares**

Para el correcto desenvolvimiento de esta etapa del proyecto, se llevó a cabo un estudio del dimensionamiento de interconexión eléctrica de los edificios “E” y “H” dentro del Instituto Tecnológico de Linares, con el fin de recopilar los datos referentes al consumo de energía eléctrica, tomando en cuenta principalmente las cargas de consumo por las computadoras, sistemas de aires acondicionados y luminarias.

Se estableció un promedio de uso de los equipos de 12 horas por día, de lunes a viernes y 10 meses de trabajo al año.

Se realizó una visita de campo para la recopilación de datos reales y se hizo apoyo de información de predicción de recursos energéticos globales de NASA POWER (NASA, 2024), para realizar ajustes sobre los cálculos de radiación solar.

Como siguiente paso, una vez analizado el consumo promedio de las áreas de trabajo, de manera diaria, mensual y anual en Watts. Se procedió a la selección de componentes del sistema fotovoltaico con base tanto en el consumo como en las especificaciones técnicas requeridas para satisfacer la demanda de energía en los edificios.

Enseguida se procedió a calcular el dimensionamiento de los paneles solares, con lo cual, se establecieron la cantidad necesaria de paneles solares, tomando como referencia la irradiación solar promedio diaria donde se encuentran los edificios, esto, obtenido como se mencionó anteriormente de NASA POWER Prediction Of Worldwide Energy Resources (NASA, 2024).

Se elaboró una lista detallada de los materiales necesarios para la instalación de todo el sistema, y una planificación de la instalación, considerando mano de obra y procedimientos.

## **DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **Sistema de control automatizado**

Los análisis de resultados de la implementación de prototipo para el sistema de automatización en pruebas de laboratorio, mostraron que la tarjeta de control construida manipulada de forma eficiente el apagado y encendido automático de los equipos, pero se agregó un relevador de 110 volts para mejorar el control sobre la iluminación de mejor manera, ya que los relevadores de 24 volts de CD no ofrecían un rendimiento esperado al energizar o desenergizar la iluminación.

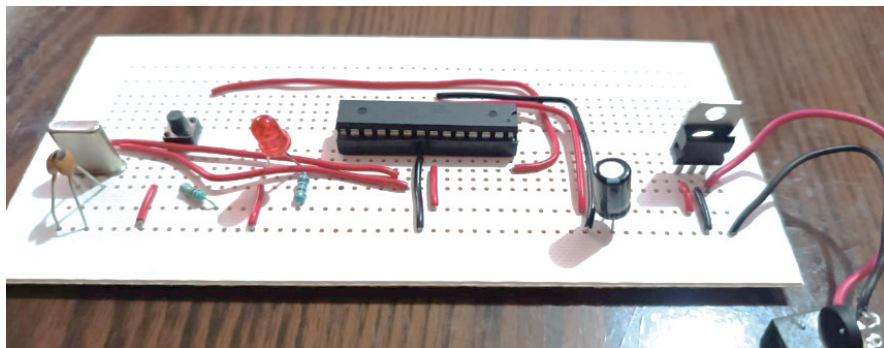


Figura. 1 Prototipo de la tarjeta de control

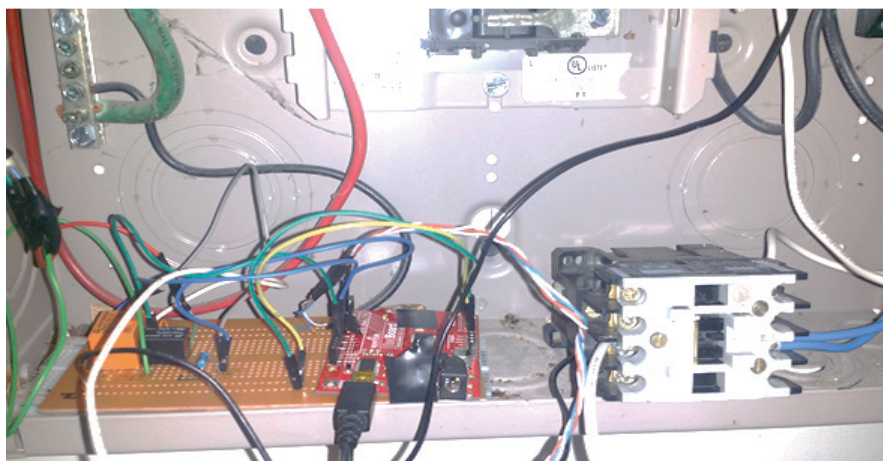


Figura. 2 Instalación de prueba de los elementos de control para la automatización de aires acondicionados e iluminación

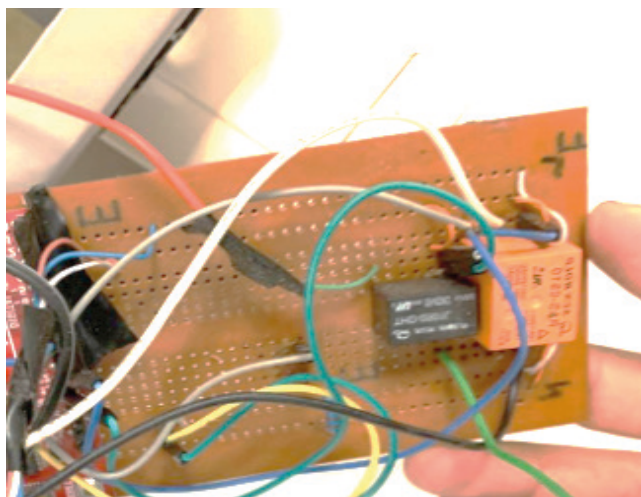


Figura. 3 Relevadores para el envío de los pulsos de control.

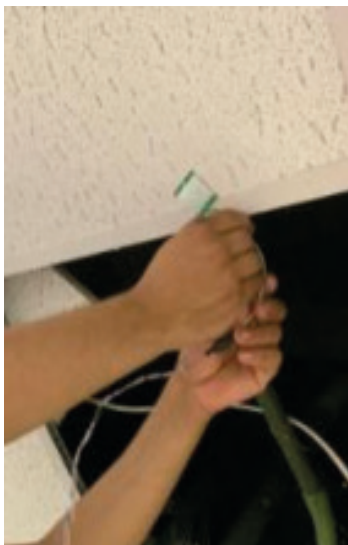


Figura. 4 Instalação do sensor de movimento (PIR)



Figura. 5 Instalação dos cabos de sinal para o ar condicionado

## Análisis para la instalación de paneles solares

- Dimensionamiento de las áreas de trabajo (Edificio E y Edificio H) para el sistema de paneles fotovoltaicos.

Áreas	Tiempo Promedio de uso	Watts por día	KW por día	Watts por mes	KW por mes	Watts por año	Carga total KW por año
Edificio E	12 horas	3561548	3561.548	71230960	71231	712309600	712309.6
Edificio H	12 horas	1219369.6	1219.3696	24387392	24387.392	292648704	292648.704

Tabla 1. Consumo de carga en watts obtenidos en visita de campo

Nota: para la información de la carga total se consideró un uso diario de 12 horas por 5 días a la semana.

- Propuesta de cantidad de paneles solares por área de trabajo.

Edificio E (segmentado en tres partes)

Irradiación solar en KWH/m2					
Paneles	WH	Según ubicación de la instalación		Media	Total
140	550			4.5	49.3
100%		Número de paneles	140	4.4	46.1
		Watts Día	495	302032.5	1597365
		Días	60	18121950	108731700
108732		Producción	KWh	18122	108731
108995		Edificio	KWh	18166	108996

Tabla 2. Segmento uno (computadoras)

Irradiación solar en KWH/m2					
Paneles	WH	Según ubicación de la instalación		Media	Total
394	550			4.5	49.3
100%	Número de paneles		394	4.4	46.1
	Watts Día		495	850005.8	4495441.5
	Días		60	51000345	306002070
306002		Producción	KWh	51000	306002.1
304560		Edificio	KWh	50760	304560

Tabla 3. Segmento dos (aires acondicionados)

Irradiación solar en KWH/m2					
Paneles	WH	Según ubicación de la instalación		Media	Total
18	550			4.5	49.3
101%		Número de paneles	18	4.4	46.1
		Watts Día	495	38832.75	205375.5
		Días	60	2329965	13979790
13980		Producción	KWh	2330	13979.8
13830.7		Edificio	KWh	2305	13831

Tabla 3. Segmento tres (Luminarias)

Edifício H (segmentado em cinco partes)

Irradiación solar en KWH/m2					
Paneles	WH	Según ubicación de la instalación		Media	Total
4	550			4.5	49.3
102%		Número de paneles	4	4.4	46.1
		Watts Día	495	8629.5	45639
		Días	60	517770	3106620
3107		Producción	KWh	518	3106.6
3040.6		Edificio	KWh	507	3041

Tabla 4. Segmento cuatro (Equipos varios)

Irradiación solar en KWH/m2					
Paneles	WH	Según ubicación de la instalación		Media	Total
2	550			4.5	49.3
105%		Número de paneles	2	4.4	46.1
		Watts Día	495	4314.75	22819.5
		Días	60	258885	1553310
1553		Producción	KWh	259	1553.3
1485.6		Edificio	KWh	248	1486

Tabla 5. Segmento cinco (Otros)

Irradiación solar en KWH/m2					
Paneles	WH	Según ubicación de la instalación		Media	Total
90	550			4.5	49.3
100%		Número de paneles	90	4.4	46.1
		Watts Día	495	194163.8	1026877.5
		Días	60	11649825	69898950
69899		Producción	KWh	11650	69899.0
70008		Edificio	KWh	11668	70008

Tabla 6. Segmento seis (aires acondicionados)

Irradiación solar en KWH/m2					
Paneles	WH	Según ubicación de la instalación		Media	Total
82	550			4.5	49.3
100%		Número de paneles	82	4.4	46.1
		Watts Día	495	176904.8	935599.5
		Días	60	10614285	63685710
63686		Producción	KWh	10614	63685.7
63946.5		Edificio	KWh	10658	63947

Tabla 7. Segmento siete (Computadoras)

Irradiación solar en KWH/m2					
Paneles	WH	Según ubicación de la instalación		Media	Total
11	550			4.5	49.3
100%		Número de paneles	11	4.4	46.1
		Watts Día	495	23731.13	125507.25
		Días	60	1423868	8543205
8543		Producción	KWh	1424	8543.2
7843.7		Edificio	KWh	1307	7844

Tabla 8. Segmento ocho (Luminarias)

## CONCLUSIONES

El presente trabajo ha demostrado que la implementación de un sistema de automatización para el control de aires acondicionados y la iluminación, junto con la instalación de paneles solares, puede transformar significativamente el uso de energía eléctrica en una institución educativa. A través de un enfoque metodológico que incluyó el diseño y prueba de un prototipo automatizado, se podría lograr optimizar el consumo energético al permitir que los equipos se apaguen automáticamente en ausencia de personas, lo que no solo reduce el gasto energético, sino que también prolonga la vida útil de los dispositivos.

Además, el análisis para la instalación de paneles solares ha evidenciado la viabilidad de esta alternativa energética, considerando el consumo específico de los edificios seleccionados y la radiación solar disponible en la región. La combinación de estas dos estrategias no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental al disminuir la dependencia de fuentes de energía convencionales, sino que también genera un impacto económico positivo al reducir los costos operativos de la institución.

En conclusión, la automatización y el uso de energía solar emergen como soluciones efectivas y necesarias para enfrentar los desafíos energéticos actuales. Este proyecto no solo se alinea con las reformas energéticas recientes, sino que también establece un modelo replicable para otras instituciones, promoviendo una cultura de eficiencia energética y responsabilidad ambiental. La implementación de estas tecnologías es un paso crucial hacia un futuro más sostenible y consciente del uso de recursos, beneficiando tanto a la comunidad educativa como al entorno en el que se inserta.

## REFERENCIAS

Brasero, R. J. (2024). *Automatización y mejora de la sostenibilidad de una segunda vivienda en Berrocalejo*.

Criollo, F. A. E. (2023). *Análisis de eficiencia de un sistema de recolección de energía híbrido conformado por nanogeneradores y celdas solares respecto a un sistema de recolección de energía solar convencional* (Doctoral dissertation, Universidad Técnica del norte).

De Loza, F. P., & Villegas, F. J. I. (2024). *Implementación de tecnologías IoT para la reducción del consumo energético en oficinas inteligentes mediante el control de la iluminación*. REVISTA DE CIENCIAS TECNOLÓGICAS (RECIT), 7(3), e332-e332.

Lamk, J. M., Latorre, J. P., & Sanabria, S. A. (2021). *Estrategia energética para la optimización del consumo de energía eléctrica en la empresa Act Telemática de la ciudad de Bogotá* (Bachelor's thesis, Especialización en Gerencia de Proyectos-Virtual).

López, C. A., & Bermúdez, N. F. (2023). *Propuesta de implementación de un sistema de ahorro de energía eléctrica mediante la utilización de la energía solar fotovoltaica para la empresa Inversiones AGA de Cali, Colombia*.

NASA. (2024). *NASA POWER I Prediction Of Worldwide Energy Resources*. Nasa.gov. <https://power.larc.nasa.gov/>

O'Grady, J. (2021). *Manual de investigación para diseñadores*. España: Blume.

Sencion, Y., Ávila, F., Aguilar, K., Jimenez, E., & Acosta, A. (2022). *Una revisión sobre las estrategias tecnológicas de ahorro y eficiencia energética en el sector residencial e industrial*. Revista Semilla Científica, (3), 171-184.

# O RECONHECIMENTO DO SABER LOCAL SOBRE O USO MEDICINAL E ALIMENTÍCIO DA AROEIRA (*SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS* RADDI) NO ASSENTAMENTO ADEMAR MOREIRA, LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DA ALDEIA, RIO DE JANEIRO, BRASIL

Data de submissão: 10/02/2025

Data de aceite: 05/03/2025

### Clarissa Evangelista Carreira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - Cabo Frio – RJ  
- Brasil

### Igor do Nascimento Pinheiro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - Cabo Frio – RJ  
- Brasil

### Vinicius Fernandes Moreira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - Cabo Frio – RJ  
- Brasil

**RESUMO:** A aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) é uma árvore nativa da América do Sul, conhecida por suas frutas vermelhas e sua utilização na medicina tradicional. O estudo tem como objetivo investigar o conhecimento local sobre o uso da aroeira na comunidade rural do Assentamento Ademar Moreira em São Pedro Da Aldeia, no estado do Rio de Janeiro. Uma revisão bibliográfica para entender o principal uso da aroeira a partir de pesquisas recentes foi feita. A pesquisa em campo foi realizada em janeiro de 2023 e envolveu a aplicação de um questionário etnobotânico com 30 entrevistados, com idades entre 16 e 74

anos. Os resultados mostraram que o uso da *S. terebinthifolius* como alimento foi o principal resultado encontrado, seguido de uso comercial e medicinal. Este estudo contribui para a compreensão do papel das plantas como fonte valiosa de alimentos, medicamentos e materiais para as comunidades locais e a importância da preservação da biodiversidade de plantas para a sustentabilidade e resiliência dos ecossistemas locais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aroeira; etnoecologia; *Schinus*; *terebinthifolius*.

RECOGNITION OF LOCAL KNOWLEDGE ABOUT THE MEDICINAL AND FOOD USE OF AROEIRA (*SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS* RADDI) IN THE ADEMAR MOREIRA SETTLEMENT, LOCATED IN THE MUNICIPALITY OF SÃO PEDRO DA ALDEIA, RIO DE JANEIRO, BRAZIL

**ABSTRACT:** The red pepper tree, *Schinus terebinthifolius* Raddi, is a tree native to South America, known for its red fruits and use in traditional medicine. The study aims to investigate local knowledge about the use of mastic in the rural community of the Ademar Moreira Settlement in São Pedro Da Aldeia, in the state of Rio de Janeiro. A



literature review to understand the main use of mastic from recent research was made. The field research was carried out in January 2023 and involved the application of an ethnobotanical questionnaire with 30 respondents, aged between 16 and 74 years. The results showed that the use of mastic as food was the main result found, followed by commercial and medicinal use. This study contributes to the understanding of the role of plants as a valuable source of food, medicine and materials for local communities and the importance of preserving plant biodiversity for the sustainability and resilience of local ecosystems.

**KEYWORDS:** Pepper tree; ethnoecology; *Schinus*; *terebinthifolius*.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, há diversas plantas nativas caracterizadas por serem medicinais e outras comestíveis, utilizadas pela população local e pescadores até ganharem notoriedade em todo o planeta (KNEIP, 2009). No estado do Rio de Janeiro, a Região dos Lagos em seus ecossistemas costeiros, compreendem lagoas costeiras, lagoas hipersalinas, floresta de mata atlântica com restinga, onde é possível encontrar exemplares de aroeira (KNEIP, 2009). Esta é uma das regiões costeiras mais ameaçadas do Brasil, principalmente pelo intenso uso da atividade turística e a especulação imobiliária (DA FONSECA-KRUEL *et al.*, 2009).

A *Schinus terebinthifolius* Raddi, mais conhecida popularmente como pimenta-rosa e aroeira vermelha, é uma planta em formato de árvore ou arbusto que pode chegar de 5 a 10 metros de altura, pertence à família Anacardiaceae presente na região tropical e subtropical da América do Sul. Na Mata Atlântica, a *S. terebinthifolius* pode ser encontrada principalmente no Estado do Rio de Janeiro (CARVALHO *et al.*, 2006). Seu fruto se destaca pela cor vermelho vibrante, possui sabor apimentado e é utilizado na culinária em diversos países. Além de ser comestível, esta planta possui propriedades medicinais, pois em sua composição, há presença de substâncias químicas que são anti-inflamatórias, anti-fúngicas, anti-alérgicas (GOMES *et al.*, 2020).

A partir da espécie *S. terebinthifolius*, vários metabólitos secundários já foram identificados, incluindo alcalóides e terpenos (CERUKS *et al.*, 2007). Os diversos estudos realizados, comprovaram que a espécie em questão tem aplicações importantes na área da saúde.

A relação entre as plantas e os humanos correlacionam o conhecimento tradicional de comunidade sobre seu ambiente para que ela possa interagir com aquele ambiente e ter os benefícios da relação com a planta (ALBERTASSE; THOMAZ; ANDRADE, 2010). Ao estudar dados da medicina tradicional e alimentação popular, devemos dar ênfase ao estudo tanto das pessoas que detinham o conhecimento quanto das circunstâncias em que essas práticas foram adotadas espontaneamente, extrapolando os limites do que é visto como botânica aplicada (BERTOLUCCI *et al.*, 1996). Desde 1978, a OMS tem destacado a importância de utilizar plantas medicinais na saúde, pois 80% da população mundial depende delas para atenção primária à saúde. No Brasil, a política Nacional de Práticas

Integrativas e Complementares foi aprovada para estabelecer diretrizes na área de plantas medicinais e saúde pública (BRASIL, 2006). A medicina tradicional, especialmente o uso de plantas medicinais, desempenha um papel crucial na promoção da saúde e bem-estar, sendo uma prática milenar em diversas culturas ao redor do mundo. As plantas medicinais são valorizadas por suas propriedades terapêuticas, que são utilizadas no tratamento de diversas doenças e na manutenção da saúde. A medicina tradicional, especialmente o uso de plantas medicinais, desempenha um papel crucial na promoção da saúde e bem-estar, sendo uma prática milenar em diversas culturas ao redor do mundo. As plantas medicinais são valorizadas por suas propriedades terapêuticas, que são utilizadas no tratamento de diversas doenças e na manutenção da saúde. Além disso, o conhecimento sobre essas plantas é frequentemente transmitido de geração em geração, preservando a sabedoria ancestral e promovendo uma conexão mais profunda com a natureza (COUTINHO, 2023).

Este trabalho é relevante em vista da tendência de diminuição do saber popular e do desaparecimento de espécies vegetais (ALBERTASSE; THOMAZ; ANDRADE, 2010), bem como das práticas culturais da população, auxiliando com dados para que o poder público possa tomar medidas de valorização do conhecimento local envolvendo a aroeira, espécie encontrada nas unidades de conservação da Região dos Lagos. Este estudo objetivou identificar o conhecimento da população local em uma comunidade no Assentamento Ademar Moreira, localizada no município de São Pedro Da Aldeia no Estado do Rio de Janeiro, sobre o uso medicinal e alimentício *S. terebinthifolius*. Além disso realizou-se um breve levantamento sobre dados de constituintes químicos isolados na espécie e atividades biológicas relatadas.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### A Família Anacardiaceae

A família Anacardiaceae, pertencente à ordem Sapindales, é composta por aproximadamente 80 gêneros e cerca de 800 espécies. Esta família é amplamente distribuída em regiões tropicais e subtropicais, com uma presença significativa no Brasil, com 15 gêneros e 64 espécies, das quais 14 ocorrem exclusivamente no país. As plantas desta família são geralmente árvores ou arbustos, caracterizados pela presença de canais resinosos que exalam um cheiro característico quando danificados (COSTA et al, 2021).

A família tem grande importância econômica, devido muitas espécies fornecerem frutos comestíveis, madeiras úteis ou serem de usos ornamentais. Entre os gêneros mais notáveis da família Anacardiaceae estão *Anacardium*, *Mangifera*, *Schinus* e *Spondias* (COSTA et al, 2021). O gênero *Anacardium* inclui o cajueiro (*Anacardium occidentale*), nativo do Brasil e amplamente cultivado por seus frutos e castanhas (DE ARAUJO, et al, 2018). O gênero *Mangifera* é representado pela mangueira (*Mangifera indica*), originária da Ásia e muito apreciada por seus frutos suculentos. Já o gênero *Schinus* inclui espécies como a aroeira (*Schinus terebinthifolius*), conhecida por suas propriedades medicinais.

Os constituintes químicos das plantas da família Anacardiaceae são variados e incluem compostos fenólicos, flavonoides, taninos e resinas. Esses compostos são responsáveis por diversas atividades biológicas, como propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas. Por exemplo, a casca do cajueiro contém anacardato de metila, um composto com potente atividade antimicrobiana (DE ARAUJO, et al, 2018). Além disso (SANTOS et al, 2017), os frutos da mangueira são ricos em vitamina C e antioxidantes, contribuindo para a saúde humana.

As atividades biológicas das espécies da família Anacardiaceae têm sido amplamente estudadas devido ao seu potencial terapêutico. Estudos demonstram que extratos de *Schinus terebinthifolius* possuem atividade anti-inflamatória e cicatrizante, sendo utilizados na medicina tradicional para tratar feridas e inflamações (GOMES, et al, 2020). Da mesma forma, o óleo extraído das castanhas de caju tem mostrado propriedades antioxidantes e cardioprotetoras (DE ARAUJO, et al, 2018).

## O Genero *Schinus*

O gênero *Schinus* pertence à família Anacardiaceae e compreende várias espécies de árvores e arbustos, notáveis por sua ampla distribuição geográfica. Este gênero é nativo da América do Sul, com ocorrência natural na Argentina, Paraguai, Uruguai e Brasil. abrange 25 espécies das Américas Central e do Sul, No Brasil, espécies como *Schinus terebinthifolius* são encontradas desde o Ceará até o Rio Grande do Sul, tanto em áreas litorâneas quanto no interior. A presença de *Schinus* no Brasil é significativa devido à sua adaptação a diferentes ecossistemas, incluindo florestas tropicais e áreas de restinga (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2024).

Morfológicamente, as espécies do gênero *Schinus* apresentam características distintas, a *Schinus terebinthifolius*, por exemplo, pode atingir até 15 metros de altura, com tronco reto ou tortuoso e casca externa cinza-escura e escamosa. As folhas são compostas, alternadas e possuem um odor característico devido à presença de óleos essenciais (CARVALHO, 1998).

O gênero *Schinus* inclui espécies pioneiras frequentemente utilizadas na arborização urbana e nas fases iniciais de reflorestamento de áreas degradadas, como *S. molle* L. e *S. terebinthifolia* Raddi. Os frutos de *S. terebinthifolia* são especialmente atrativos para a fauna, em particular para aves. Algumas espécies, como *S. weinmanniifolia* Mart. ex Engl., são usadas regionalmente na confecção de arranjos decorativos. Em termos econômicos, as sementes de *S. terebinthifolia* e *S. molle*, conhecidas como pimenta-rosa ou pimentada-jamaica, são amplamente utilizadas na culinária nacional e internacional devido ao seu sabor suave e levemente picante. Além disso, algumas espécies de *Schinus* possuem madeira de boa qualidade e são empregadas na medicina popular brasileira por suas atividades antifúngica potenciais, antimicrobiana, inseticida, antibacteriana e cicatrizante (SILVA-LUZ et al., 2024).

Quanto às espécies cultivadas e invasoras, *S. terebinthifolia*, nativa da Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai, conhecida como aroeira-mansa, foi introduzida em regiões subtropicais ao redor do mundo (SILVA-LUZ *et al.*, 2024). Na Flórida e no Havaí, essa espécie foi inicialmente introduzida como planta ornamental e acabou se tornando uma das espécies invasoras mais amplamente distribuídas e prejudiciais nesses estados (MARTIN *et al.*, 2020).

A presença de vários terpenos em diferentes partes de *Schinus lentiscifolius*, *Schinus terebinthifolius*, *Schinus molle* e *Schinus polygamus* foi relatada em alguns estudos. A presença desses compostos em várias partes da planta sugere uma relação com uma ampla gama de atividades farmacológicas apresentada em outros estudos, como por exemplo, atividade antimicrobiana (JOHANN *et al.*, 2008), atividade anti-inflamatória (MEDEIROS *et al.*, 2007) e atividade antifúngica (RAZZAGHI-ABYANEH; RAI, 2013). A atividade antitumoral aponta que o gênero tem potencial para inibir o crescimento de células tumorais (QUEIRES *et al.*, 2013) e por fim, a atividade inseticida indica que o gênero pode ser útil para combater insetos, corroborando o potencial de uso da espécie em questões em aplicações na área da saúde (SANTOS *et al.*, 2014).

## A Espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi

A aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), mais conhecida popularmente como pimenta-rosa (**Figura 1**), é uma planta em formato de árvore ou arbusto que pode chegar de 5 a 10 metros de altura, pertence à família Anacardiaceae. É uma árvore perene, presente na região tropical e subtropical da América do Sul, encontrada no Brasil, Paraguai e Argentina (PRATTI *et al.*, 2015). Apresenta como sinonímia os nomes *Schinus terebinthifolia* var. *raddiana* Engl., *Schinus terebinthifolia* var. *damaziana* Beauverd, *Schinus macronulata* Mart., *Schinus mellisii* Engl. (GILBERT & FAVORETO, 2011).

Na Mata Atlântica, a aroeira pode ser encontrada principalmente no Estado do Rio de Janeiro (CARVALHO *et al.*, 2006). Seu fruto se destaca pela cor vermelho vibrante, possui sabor apimentado e é utilizado na culinária em diversos países. No Brasil, os frutos maduros secos de *S. terebinthifolia* são comercializados como substituto da pimenta-do-reino (PRATTI *et al.*, 2015)

Além de ser comestível, esta planta possui propriedades medicinais, pois em sua composição, há presença de substâncias químicas que são anti-inflamatórias, antifúngicas, anti-alérgicas (GOMES *et al.*, 2020).



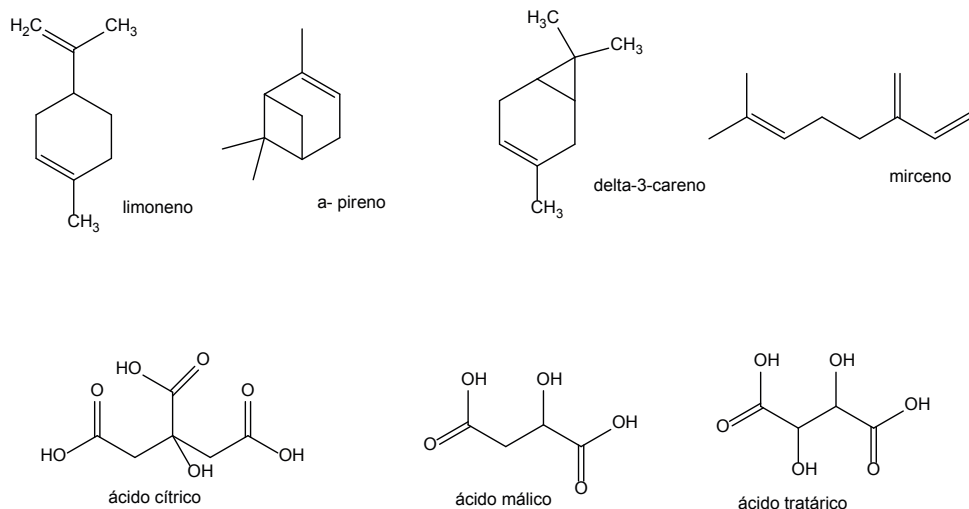
**Figura 1.** Aroeira Vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi).

Fonte: (dos autores)

Ao longo de muitos anos, a *S. terebinthifolius* tem sido empregada como uma planta medicinal, tendo seu uso documentado desde as primeiras edições da Farmacopeia Brasileira em 1926. Originária do Peru, essa planta possui ampla distribuição geográfica, ocorrendo em diversas regiões do Brasil, bem como em alguns locais da África e da Oceania. No território brasileiro, essa planta é indicada pelo Sistema Único de Saúde e aprovada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária como uma droga fitoterápica, sendo utilizada na composição de diversos medicamentos de uso comercial, tais como géis ginecológicos para tratamento (BRASILEIRO *et al.*, 2008).

### **Constituintes Químicos e atividades biológicas e etnofarmacológicas**

A partir da espécie *S. terebinthifolius*, vários metabólitos secundários já foram identificados, incluindo alcalóides e terpenos (CERUKS *et al.*, 2007). A presença de monoterpenos na folha e no fruto de *Schinus molle* foi indetificada em alguns estudos, assim como as análises do óleo essencial de *S. terebinthifolius* que identificaram a presença de vários terpenos, incluindo limoneno, delta-3-careno,  $\alpha$ -pineno e mirceno (**Figura 2**). Esses compostos têm sido associados a atividades antimicrobianas, antifúngicas e anti-inflamatórias em estudos anteriores. Análises de extratos aquosos dos frutos de *S. terebinthifolius* e identificaram vários compostos, incluindo açúcares, ácidos orgânicos, flavonóides e taninos. Compostos esses associados a atividades antioxidantes e anti-inflamatórias em vários estudos. A análise dos extratos apolares e metanólicos da casca e fruto de *S. terebinthifolius* identificaram a presença de ácido cítrico, ácido málico e ácido tartárico (**Figura 2**). E estudos que investigaram o extrato metanólico do caule, identificaram a presença de vários compostos, incluindo flavonoides e alcaloides. Sendo esses compostos associados a atividades farmacológicas como antioxidantes e antitumorais (AZEVEDO *et al.*, 2015, SILVA *et al.*, 2009; SKOPP & SCHWENKER, 1986).



**Figura 2:** Alguns Terpenos de *S. terebinthifolius*

Fonte: (dos autores)

Os polifenóis presentes em diferentes órgãos da *S. terebinthifolius*, como folhas, cascas, frutos, flores e sementes, são responsáveis por suas diversas propriedades terapêuticas. Essa distribuição diversificada explica o uso popular medicinal da planta, incluindo suas ações anti-inflamatórias, cicatrizantes e antimicrobianas (CARVALHO et al., 2013). É importante destacar que a *S. terebinthifolius* apresenta atividade contra algumas bactérias, como *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, reforçando sua importância na medicina natural. Seu potencial terapêutico justifica ainda mais o interesse em explorar e entender melhor os compostos bioativos presentes na *S. terebinthifolius*, visando aprimorar seu uso na prevenção e tratamento de diferentes doenças (CARVALHO et al., 2013).

Uma pesquisa toxicológica em extratos de *S. terebinthifolius* usados na medicina popular em Cuba não apresentaram efeito genotóxico em *Aspergillus nidulans* (RUIZ et al., 1996).

## O Assentamento Ademar Moreira

Para a pesquisa de campo, a área amostral escolhida foi o município de São Pedro Da Aldeia (**Figura 3**), município com a presença de comunidades tradicionais que atualmente tem como principal atividade econômica o turismo. Suas belíssimas praias, produção salina, pesca artesanal, centro histórico, áreas de preservação de Mata Atlântica, museu, festividades entre outros variados atrativos fazem de São Pedro Da Aldeia um dos principais municípios da Região dos Lagos. O local amostral está situado na baixada litorânea do estado do Rio de Janeiro e possui aproximadamente 358, 66 km<sup>2</sup> de extensão territorial, com população aproximada de 87.875 habitantes segundo dados da secretaria de Assistência Social e Direitos Humanos da Prefeitura Municipal de São Pedro da Aldeia.





**Figura 3.** Mapa do município de São Pedro Da Aldeia,

Fonte: Google Maps 2022



O Assentamento Ademar Moreira é uma área rural localizada na cidade de São Pedro Da Aldeia, que tem como objetivo desenvolver a agricultura familiar. O Assentamento possui doze anos, foi criado em 2010, mas a sua primeira titulação foi no ano de 2011. O projeto da aroeira foi criado e desenvolvido pela EMATER (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio de Janeiro) em 2016 através do programa Rio Rural para melhorar o ganho sob a venda da aroeira para a comunidade do Assentamento, já que vendiam produtos, como sabonete, casca e o fruto, muito baratos, não havendo valorização da coleta e um retorno financeiro para a agricultura familiar. Foi feito um GT, que é uma reunião com várias instituições, inclusive o INEA, usando o fundo do Rio Rural em 2016. Este Assentamento foi escolhido para o estudo deste trabalho porque já desenvolve a manufatura da pimenta rosa na região, apesar de ser pouco conhecido.

## METODOLOGIA

O levantamento de dados de literatura na internet foi realizado considerando publicações a partir de 1975. Foram realizadas revisões de literatura, utilizando materiais da internet, como Google Scholar, Periódicos Capes e Scielo, com buscas a partir de palavras chave e presença da palavra no abstract como aroeira, compostos isolados, constituintes químicos, *Schinus* e atividade biológica.

Os dados sobre o conhecimento popular foram obtidos por meio da aplicação de um questionário etnobotânico adaptado para este trabalho (**Figura 4**), onde foram entrevistadas pessoas aleatórias e anônimas do Assentamento Ademar Moreira do município de São

Pedro Da Aldeia em janeiro de 2023, por meio de perguntas para identificar o potencial conhecimento local da usabilidade da aroeira como planta medicinal e alimentícia, bem como a idade dos entrevistados para verificar se há maior ou menor conhecimento proveniente experiência de vida das pessoas e gerações (ALEXIADES; SHELDON, 1996). Para a interpretação dos resultados foram utilizados gráficos de fácil visualização e pertinentes aos valores levantados pelo questionário.

	<b>INSTITUTO FEDERAL</b> Fluminense Campus Cabo Frio	<b>MINISTÉRIO DA</b> <b>EDUCAÇÃO</b>	
<b>QUESTIONÁRIO</b>			
Idade: _____			
1) Você conhece a aroeira vermelha? ( ) SIM ( ) NÃO			
a) Em caso afirmativo, para qual uso?			
_____			
_____			
_____			
2) Você conhece o potencial medicinal da aroeira? ( ) SIM ( ) NÃO			
3) Você conhece a aroeira como potencial alimentício? ( ) SIM ( ) NÃO			
4) De 1 a 5, quanto você acha que conhece esta planta?			

**Figura 4:** Questionário aplicado no Assentamento Ademar Moreira

Fonte: (dos autores)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Levantamento bibliográfico sobre os constituintes químicos identificados

A partir dos dados bibliográficos levantados, os principais usos encontrados para *S. terebinthifolius* são medicinais, com destaque para a utilização dos frutos e extratos das cascas dos frutos. Esses resultados destacam o potencial terapêutico dessas espécies em várias áreas da medicina e fitoterapia, bem como a importância de continuar a pesquisa para explorar novos usos e substâncias nessas plantas.

Os princípios bioativos isolados incluem flavonóides, terpenos e outros compostos fenólicos, que contribuem para suas propriedades terapêuticas. Os flavonóides possuem propriedades antioxidantes, ajudando a neutralizar radicais livres e reduzir o estresse oxidativo nas células. Além disso, os flavonóides podem atuar na proteção contra infecções, melhorando a função imunológica e apresentando atividade antimicrobiana contra diversos patógenos (FREIRES, *et al.*, 2011).



Os terpenos possuem propriedades anti-inflamatórias e analgésicas, ajudando a reduzir a dor e a inflamação em diversas condições. Eles também apresentam atividade antimicrobiana, atuando contra bactérias, fungos e vírus, o que contribui para a defesa do organismo contra infecções. Além disso, os terpenos podem influenciar o sistema nervoso, promovendo efeitos relaxantes e ansiolíticos, e melhorando o bem-estar geral (FREIRES, *et al.*, 2011).

A **Tabela 1** apresenta alguns dos diversos estudos que investigaram a espécie *S. terebinthifolius* em relação aos seus componentes químicos. Neste levantamento bibliográfico foram encontrados o relato de 118 substâncias diferentes, identificadas em diferentes partes da planta, sendo utilizada a técnica de Cromatografia a Gás acoplada a Espectrometria de Massa (CG/MS) para a identificação de tais substâncias, na maioria dos trabalhos.

Substancias	Ref.	Substancias	Ref.
<i>E</i> -cariofileno	19	Timol	15
Catequina	12,16	$\delta$ -elemeno	15,17,18,19
Galato de metila	12,11,16	$\alpha$ -copaeno	15,17
Miricetina	11,16	$\beta$ -elemeno	15,17
Ácido cafeico	13	$\beta$ -cariofileno	15,17
Ácido cumárico	13,16	$\gamma$ -elemeno	15,17,18
Ácido siríngico	13	Aromadendreno	15,17
Galato de etila	12,16	Humuleno	15,19
Miricetrina	12,16	$\gamma$ -muuroleno	15,17
Quercitina	12,16	Germacreno D	15,17,18,19
Pentagaloiil glicose	14,16	$\beta$ -selineno	15,17
<i>p</i> -cimeno	15	$\alpha$ -selineno	15,17
$\alpha$ -terpinol	15	$\alpha$ -muuroleno	15,17
$\delta$ -cadineno	15,17,19	Lupeol	15
Elemol	15,19	Acetato de lupeol	15
Espatuleno	15,17	$\beta$ -pineno	17,19
Óxido de cariofileno	15,17	Ocimeno	17
Rosifoliol	15	$\beta$ -bourboneno	17
$\gamma$ -eudesmol	15	$\beta$ -cubebeno	17
$\alpha$ -muurolol	15,17	$\alpha$ -humuleno	17
$\beta$ -eudesmol	15,19	<i>E</i> - $\beta$ -farneseno	17
$\alpha$ -eudesmol	15	$\gamma$ -gurjuneno	17
Fitol	15	$\gamma$ -himachaleno	17
Esqualeno	15	Germacreno A	17
Octosano	15	Germacreno B	17
$\alpha$ -tocoferol	15	$\beta$ -colacoreno	17
$\beta$ -sitosterol	15	<i>E</i> -nerolidol	17
Olean-12-en-3-ona	15	Globulol	17
lupenona	15	Epi-globulol	17
Z-cardinol	17	1-epi-cubenol	17
<i>Cis</i> -calamenen-10-ol	17	Silvestreno	18,19
<i>Trans</i> -calamenen-10-ol	17	$\beta$ -pachuleno	18

Substancias	Ref.	Substancias	Ref.
Eugenol	18,19	Acetato de isobornila	19
Terpinoleno	18,19	Silfiperfol-6-eno	19
Sativeno	18	$\beta$ -bisabolol	19
Cis-1,4-dieno cadina	19	$\beta$ -ilangeno	19
Iso-silvestreno	19	Perilato de metila	19
$\alpha$ -felandreno	19	Kaempferol-3-O-glicosideo	16
Ácido Masticadienóico	6	Cis-muurolu-3,5-dieno	18,19
Eudesm-7(11)-em-4-ol	17	3 $\beta$ -Ácido Masticadienóico	10
Ácido cítrico	22	Ácido ursólico	6
Ácido málico	22	Agatisflavona	4,7
Ácido tartárico	22	Amentoflavona	2
Limoneno	15,17,19	Apigenina	5
$\alpha$ - pineno	15,17,18,19	Cardanol	8
mirreno	18,19	Naringinina	5
$\delta$ -3-careno	15,18,19	Robustaflavona	7
Ácido gálico	1,2,11,16	Tetrahidroamentoflavona	2
$\alpha$ - amirina	3	Tetrahidrorobustaflavona	7
$\alpha$ - amirenona	3	$\beta$ -cedreno	18
bauerenona	3	Cis- $\alpha$ -santalol	18
luteolina	4	hedicariol	18,19
Ácido elágico	5,13	$\alpha$ -tujeno	19
5-O-ácido cafeoilquinico	10	5-O-ácido cumaroilquinico	10
Aldeído ursônico 3-acetato	15	28-norolean-17-em-3-ona	15
4-Etil-4-metil-2,3',5', 6-tetrahidroxil[1,1'-bifenil]-4,4'-dicarboxilato	7	Ácido 3-oxo-olean-1,2-em-28-oico	20
3-etil-3'-metil-4,4',5,5',6,6'-hexahidroxil[1,1'-bifenil]-3,3'-dicarboxilato	9	Ácido 3-oxotirucalla-7,24Z-dien-26-oico	20
Miricetina 3-O- $\beta$ -D- galactopiranósido	10	Ácido 3 $\alpha$ -hidroxitirucalla-7,24Z-dien-26-oico	20
Miricetina 3-O-b-D-glicuronídeo	10	Hidrato de trans-sesquisabineno	19

**Tabela 1:** Substancias identificadas de *S. terebinthifolius*

**Ref. :** CARVALHO, et al., 2009 (1); SKOPP e SCHWENKER, 1986 (2); CAMPELO e MARSAIOLI, 1975 (3); HERINGER, et al., 2007 (4); DEGASPARI, et al., 2005 (5); LLOYD, et al., 1977 (6); KASSEM, et al., 2004 (7); STAHL, et al., 1983 (8); JAIN, et al., 1995 (9); FARAG, 2008 (10); CAVALHER-MACHADO, et al., 2008 (11); CERUKS, et al., 2007 (12); EL MASSRY, et al., 2009 (13); DETTWEILEER, et al., 2020 (14); GOMES, et al., 2020 (15); IWANAGA, et al., 2018 (16); MACIEL, et al., 2019 (17); PRATTI, et al., 2015 (18); SMITHBERGER, et al., 2018 (19); TANG, et al., 2020 (20); VICENÇO, et al., 2020 (21); CARVALHO, et al., 2011 (22).

A **Tabela 2** apresenta alguns dos diversos estudos que investigaram diferentes partes da planta da espécie *S. terebinthifolius* em relação as suas atividades biológicas. Os testes de atividades antibacteriana e inseticida foram os mais encontrados nesta pesquisa bibliográfica realizada.

Referencia	Atividade
DETTEWEILER, et al., 2020	citotóxica
GOMES, et al., 2019	antibacteriana
IWANAGA, et al., 2018	antioxidante
LIMA, et al., 2019	antibacteriana
MACIEL, et al, 2019	antifúngica
NOCCHI, et al, 2017	antiviral
PRATTI, et al, 2015	inseticida
RAMOS, et al, 2019	antitumoral
RAMOS, et al, 2020	antitumoral
SILVA, et al, 2019	inseticida
TANG, et al, 2020	antibacteriana
VICENÇO, et al, 2020	inseticida

**Tabela 2:** Algumas atividades biológicas de *S. terebinthifolius*

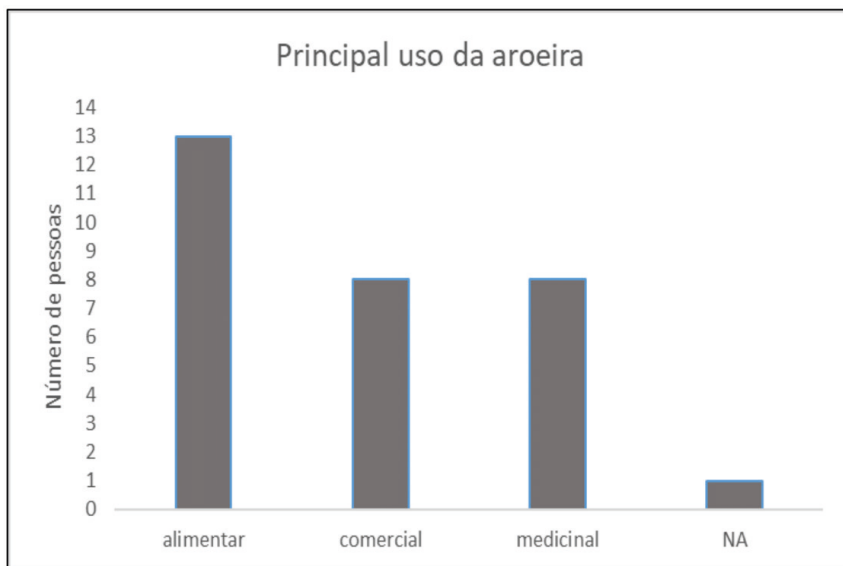
## Entrevistas com moradores do Assentamento Ademar Moreira

Foram entrevistadas 30 pessoas com idade mínima de 16 anos e máxima de 74 anos, os menores de idade entrevistados foram autorizados pelos responsáveis. O uso para alimentação foi o principal resultado encontrado, seguido de uso comercial (aroeira e derivados com objetivo de venda) e uso medicinal (**Figura 5**).

Alguns fatores podem influenciar a preferência pela utilização da *S. terebinthifolius* como alimento, incluindo a disponibilidade e acessibilidade da planta, bem como as necessidades alimentares e culturais das comunidades (FILHO; HELENA; RIBEIRO, 2021). Além disso, a utilização da *S. terebinthifolius* como fonte alimentar pode ser influenciada pela disponibilidade de outras fontes de alimentos na região, bem como pela presença de outras plantas com propriedades medicinais e comerciais similares.

Em suma, a possível preferência pela utilização da *S. terebinthifolius* como alimento é influenciada por uma combinação de fatores culturais, econômicos e ambientais que variam amplamente entre as diferentes comunidades locais. A *S. terebinthifolius* é principalmente conhecida por suas propriedades medicinais e culinárias. Seus frutos são amplamente utilizados como condimento na culinária nacional e internacional, especialmente nas áreas de restinga (FARIZEL; CRISTINA, 2008).

Todos os entrevistados indicaram conhecer de alguma forma a *S. terebinthifolius*, o que parece indicar que o conhecimento popular sobre a planta ainda está presente na comunidade entrevistada como é mostrado na **Figura 6**

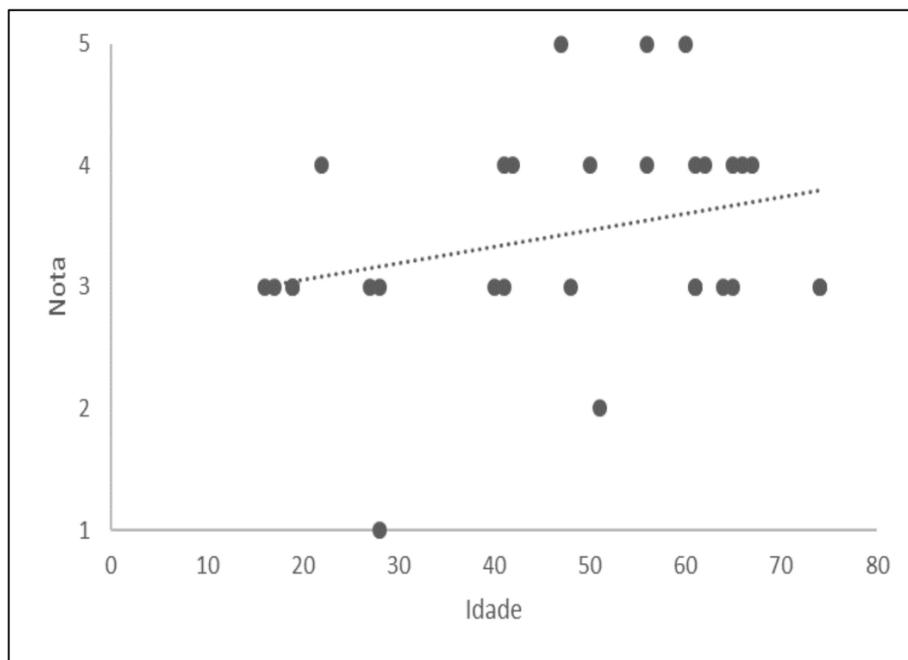


**Figura 5.** Gráfico representando o número de entrevistados no eixo Y e qual o principal uso de conhecimento da Aroeira (*S. terebinthifolius*) no eixo X.

Foi realizada uma análise de dispersão entre a nota de 1 até 5 sobre quanto os entrevistados compreendem a respeito de seu conhecimento sobre a *S. terebinthifolius* e a idade das pessoas que demonstram que quanto maior a idade maior a nota sobre o quanto se auto avaliam a respeito do conhecimento sobre a espécie (**Figura 7**). Alguns autores entendem que o baixo conhecimento dos jovens em relação ao conhecimento local está relacionado com a influência de outras culturas, modernidade e a disponibilidade de postos de saúde, contribuindo para a diminuição do interesse e da transmissão de conhecimentos práticos sobre o uso de plantas para os jovens (VANDEBROEK *et al.*, 2004).

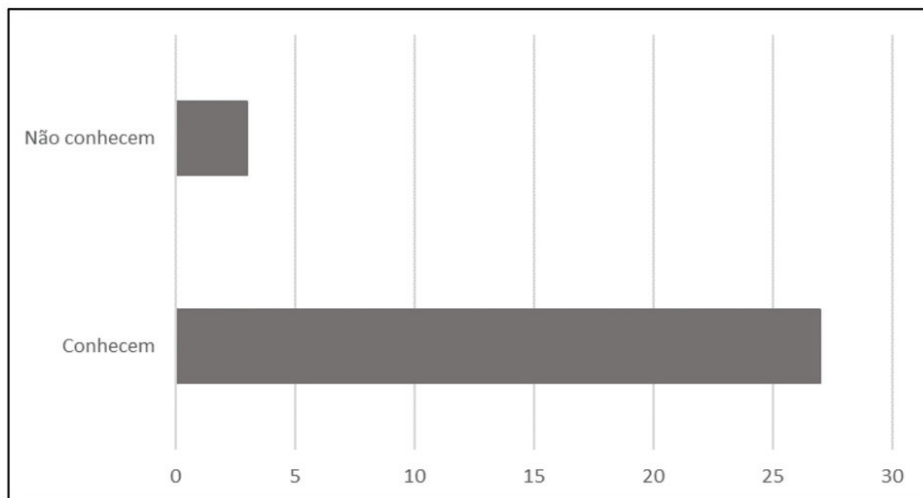


**Figura 6.** Gráfico representando pessoas que indicaram que conhecem a planta Aroeira (*S. terebinthifolius*), a cor cinza para SIM e laranja para não.



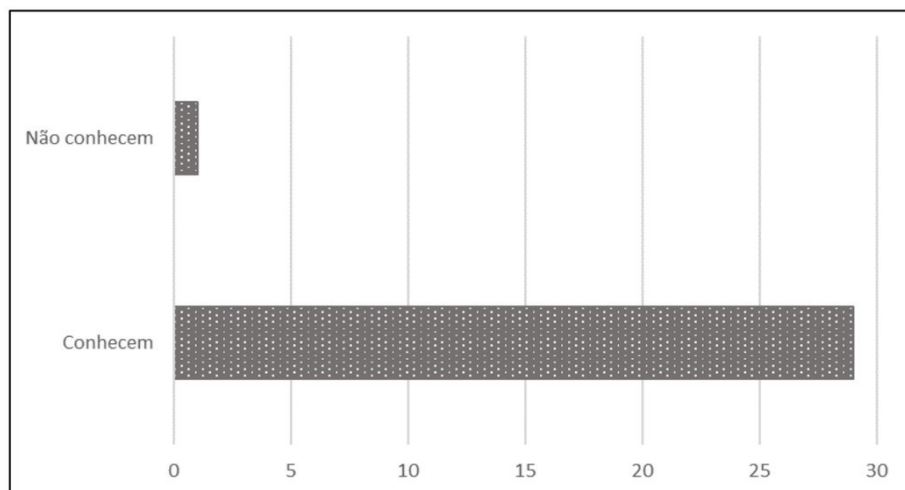
**Figura 7.** Gráfico de dispersão demonstrando a nota de 1 a 5 para o quanto a pessoa conhece sobre a *S. terebinthifolius* no eixo Y, e a idade dos participantes no eixo X. Linha de tendência em pontilhado.

Foram identificados 27 entrevistados que se auto avaliam conhecer o potencial medicinal da aroeira, isto é, conhecer seus diversos usos para a medicina tradicional, mesmo que não identifique exatamente o objetivo médico para o uso, e 3 pessoas relataram não conhecer, curiosamente entrevistados de 65, 40 e 61, entretanto esse resultado representa apenas 10% contra 90% dos que responderam conhecer o potencial (**Figura 8**). Esse resultado reflete a importância da aproximação do conhecimento acadêmico com o conhecimento popular, validando a necessidade de uma aula experimental com essa aproximação, executada também durante essa pesquisa nesta comunidade, com o objetivo de ampliar o conhecimento científico de forma popular a respeito do potencial medicinal e outros usos da aroeira. Não foram encontrados resultados para o uso da aroeira para tratar “doenças culturais”, como o “mau olhar” e “olho gordo”, resultado que era esperado e seria adicionado à categoria de doenças culturais (GIRALDI; HANAZAKI, 2010).



**Figura 8.** Número de entrevistados que conhecem e não conhecem o potencial medicinal da *S. terebinthifolius*.

Foram identificados 29 entrevistados que se auto avaliam conhecer o potencial alimentar da *S. terebinthifolius*, isto é, conhecer seus diversos usos para a alimentação em suas diversas formas de uso tradicional (**Figura 9**). Apenas um (1) dos entrevistados relatou não conhecer o potencial alimentar, tal entrevistado com idade de 41 anos, resultado que representa apenas 3% contra 97% dos que responderam conhecer o potencial alimentar.



**Figura 9.** Número de entrevistados que conhecem e não conhecem o potencial alimentar da *S. terebinthifolius*.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no levantamento bibliográfico realizado indicam que os principais usos de *S. terebinthifolius* são medicinais, com destaque para a utilização dos frutos e extratos das cascas dos frutos. Esses dados ressaltam o potencial terapêutico dessa espécie em diversas áreas da medicina e fitoterapia, sublinhando a importância das pesquisas para explorar novos usos e substâncias presentes nessas plantas. Os princípios bioativos isolados, como flavonoides, terpenos e outros compostos fenólicos, são fundamentais para suas propriedades terapêuticas. Esses compostos têm sido associados a atividades farmacológicas potenciais, como atividades antimicrobianas, antioxidantes, antiinflamatórias e antitumorais.

Os resultados apontaram que a utilização da *S. terebinthifolius* como alimento é a principal forma de uso pela comunidade estudada, seguida por uso comercial e uso medicinal. Todos os entrevistados afirmaram conhecer a aroeira, além de identificarmos uma tendência de que quanto maior a idade, maior é a percepção de conhecimento sobre a espécie.

Este estudo mostra a importância do conhecimento popular na medicina e alimentação, pois ele é influenciado pelos aspectos socioculturais, econômicos e físicos que envolvem a relação entre as plantas e os humanos. Este trabalho confirma a tendência de diminuição do saber popular e do desaparecimento de espécies vegetais.

Os dados levantados neste estudo poderão contribuir para a preservação do conhecimento local e para a proteção da aroeira vermelha, espécie encontrada nas unidades de conservação da Região dos Lagos, e pode auxiliar o poder público a tomar medidas para valorizar o conhecimento local.

## REFERÊNCIAS

ALBERTASSE, P.D.; THOMAZ, L.D.; ANDRADE, M.A. Plantas medicinais e seus usos na comunidade da Barra do Jucu, Vila Velha, ES. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 12, n. 3, p. 250–260, 2010.

ALEXIADES, M. N.; SHELDON, J. W. Selected guidelines for ethnobotanical research: a field manual. *Advances in economic botany (USA)*, p. 306, 1996. Disponível em: <<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US9631200>>. Acesso em: 18 dez. 2022.

AZEVEDO, C. F.; QUIRINO, Z. G. M.; BRUNO, R. L.A. Estudo farmacobotânico de partes aéreas vegetativas de aroeira-vermelha (*schinus terebinthifolius raddi*, *anacardiaceae*). *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 17, n. 1, p. 95–102, 2015.

BERTOLLUCCI, S.K.V.; LAMEIRA, O. A.; PINTO, J.E.B.P. IN: STASI, LC (ORG.). PLANTAS MEDICINAIS: ARTE E CIÊNCIA-UM GUIA DE ESTUDO INTERDISCIPLINAR. SÃO PAULO: UNESP, 47-68, 1996.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 971, de 03 de maio de 2006. *Diário Oficial da União, Brasília (DF)*, v. 11, n. 3, p. 92, 2006.

- BRASILEIRO, B. G. *et al.* Plantas medicinais utilizadas pela população atendida no “Programa de Saúde da Família”, Governador Valadares, MG, Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas/Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 44, n. 4, p. 629–636, 2008.
- CAMPELO, J. P.; MARSAIOLI, A. J. Terebenthifolic acid and baurenone, new triterpenoid ketones from *Schinus terebinthifolius*. *Phytochemistry*, v. 14, p. 2300-2, 1975.
- CARVALHO, M. G., MELO, A. G. N., ARAGÃO, C. F. S., RAFFIN, F. N., & MOURA, T. F. A. L. *Schinus terebinthifolius* Raddi: chemical composition, biological properties and toxicity. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 15, p. 158–169, 2013.
- CARVALHO, P. E. R. Aroeira-Pimenteira *Schinus terebinthifolius*. Embrapa, 1998. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/231664/1/Especies-Arboreas-Brasileiras-vol-1-Aroeira-Pimenteira.pdf>. Acesso em: 22 set. 2024.
- CAVALHER-MACHADO, S. C.; ROSAS, E. C.; BRITO, F. A.; HERINGE, A. P.; OLIVEIRA, R. R.; KAPLAN, M. A.; FIGUEIREDO, M. R.; HENRIQUES, M. G. The anti-allergic activity of the acetate fraction of *Schinus terebinthifolius* leaves in IgE induced mice paw edema and pleurisy. *International Immunopharmacology*, v. 8, p. 1552-60, 2008.
- CERUKS, M.; ROMOFF, P.; FAVERO, A. O.; LAGO, J. H. G. Constituintes fenólicos polares de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). *Química Nova*, v. 30, p. 597-9, 2007.
- COSTA, D. N.; SOUZA, R. T. B.; OLIVEIRA, R. R. de.; REIS, R. B. dos.; NASCIMENTO, M. G. P.; SOUZA, G. S. de.; MACÊDO, M. do A. de M.; ARAUJO, N. de S.; MESQUITA, E. B. C.; BATISTA, G. S. S.; ANDRADE, I. M. de. Prospective scientific and technological mapping of the family Anacardiaceae R. Br. Research, Society and Development, [S. l.], v. 10, n. 12, p. e408101220746, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i12.20746. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20746>. Acesso em: 19 sep. 2024.
- COUTINHO, F. As Plantas Medicinais na Cultura Indígena: Conheça a Medicina Tradicional. Mundo Ecologia, 6 jul. 2023. Disponível em: <https://www.mundoecologia.com.br/plantas/as-plantas-medicinais-na-cultura-indigena-conheca-a-medicina-tradicional/>. Acesso em: 18 set. 2024.
- DA FONSECA-KRUEL, V. S. *et al.* Quantitative ethnobotany of a restinga forest fragment in Rio de Janeiro, Brazil. *Rodriguesia*, v. 60, n. 1, p. 187–202, 2009.
- DEARAÚJO, S.; SOUSA, I. J. O.; GONÇALVES, R. L. G.; SOUSA FRANÇA, A. R.; SANTOS NEGREIROS, P.; SILVA BRITO, A. K. & SOUSA LIMA, E. B. (2018). Aplicações Farmacológicas e Tecnológicas da Goma do Cajueiro (*Anacardium Occidentale* L.)—um Produto Obtido da Flora Brasileira. *Revista Geintecgestao Inovacao e Tecnologias*, 8 (1), 4292-4305.
- DEGASPARI, C. H.; WASZCZYNSKY, N.; PRADO, M. R. M. Atividade antimicrobiana de *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Ciências e Agrotecnologia*, v. 29, p. 617-22, 2005.
- DETTWEILER, M., MARQUEZ, L., LIN, M. *et al.* Pentagalloyl glucose from *Schinus terebinthifolia* inhibits growth of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii*. *Sci Rep* 10, 15340 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72331-w>
- EL-MASSRY, K. F.; EL-GHORAB, A. H.; SHAABAN, H. A.; SHIBAMOTO, T. Chemical compositions and antioxidant/ antimicrobial activities of various samples prepared from *Schinus terebinthifolius* leaves cultivated in Egypt. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 57, p. 5265-70, 2009.



FARAG, S. F. Polyphenolic compounds from the leaves of *Schinus terebinthifolius* Raddi. Bulletin of Pharmaceutical Sciences, v. 31, p. 319-29, 2008

FARIZEL, Lorena; CRISTINA, Maria. Biologia floral e fenologia reprodutiva de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em Restinga do Norte Fluminense. v. 22, n. 3, p. 828–833, 2008.

FILHO, Geovan Figueirêdo De Sá; HELENA, Louise; RIBEIRO, De Freitas. BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF RED AROEIRA (*Schinus terebinthifolius* Raddi): A NARRATIVE REVIEW. p. 25–37, 2021.

FLORAE FUNGADO BRASIL. Anacardiaceae in. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available at: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB44>>. consulta publica.uc.citacao.acesso.em22 set. 2024.

FREIRES, Irlan A.; ALVES, Livia A.; JOVITO, Vanessa C.; CASTRO, Ricardo D. Atividade antifúngica de *Schinus terebinthifolius* (Aroeira) sobre cepas do gênero *Candida*. , v. 20, n. 52, 2011.

GILBERT, B.; FAVORETO, R. *Schinus terebinthifolius* Raddi, Revista Fitos v.6, n.1, 2011.

GIRALDI, Mariana; HANAZAKI, Natalia. Uso e conhecimento tradicional de plantas medicinais no Sertão do Ribeirão, Florianópolis, SC, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 24, n. 2, p. 395–406, 2010.

GOMES, R. B. de A.; SOUZA, E. S. de; BARRAQUI, N. S. G.; TOSTA, C. L.; NUNES, A. P. F.; SCHUENCK, R. P.; RUAS, F. G.; VENTURA, J. A.; FILGUEIRAS, P. R.; KUSTER, R. M. Residues from the Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolia* Raddi) processing industry: Chemical profile and antimicrobial activity of extracts against hospital bacteria. *Industrial Crops and Products*, v. 143, 2020. ISSN 0926-6690. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.079>. Acesso em: 19 set. 2024

HERINGER, A. P.; OLIVEIRA, R. R.; FIGUEIREDO, M. R.; KAPLAN, M. A. C. Flavonóides isolados de cascas de *Schinus terebinthifolius* Raddi por cromatografia de exclusão molecular. In: 30a REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 2007.

IWANAGA, C. C.; FERREIRA, L. dos A. O.; BERNUCI, K. Z.; FERNANDEZ, C. M. M.; LORENZETTI, F. B.; SEHABER, C. C.; FREZA, F. C. V.; BERNARDES, S. S.; PANIZZON, G. P.; LINDE, G. A.; VIEIRA, M. do C.; ZANONI, J. N.; CORTEZ, D. A. G. In vitro antioxidant potential and in vivo effects of *Schinus terebinthifolia* Raddi leaf extract in diabetic rats and determination of chemical composition by HPLC-ESI-MS/MS. *Natural Product Research*, 2018. Available from: <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1425848>.

JAIN, M. K.; YU, B. Z.; ROGERS, J. M.; SMITH, A. E.; BOGER, E. T.; OSTRANDER, R. L.; RHEINGOLD, A. L. Specific competitive inhibitor of secreted phospholipase A2 from berries of *Schinus terebinthifolius*. *Phytochemistry*, v. 39, p. 537-47, 1995.

JOHANN, Susana *et al.* Inhibitory effect of extracts from Brazilian medicinal plants on the adhesion of *Candida albicans* to buccal epithelial cells. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 24, n. 11, p. 2459–2464, 2008.

KASSEM, M. E.; EL-DESOKY, S.; SHARAF, M. Biphenyl esters and biflavonoids from the fruits of *Schinus terebinthifolius*. *Chemistry of Natural Compounds*, p. 40, p. 447-50, 2004.

KNEIP, Lina Maria. A utilização de plantas pelos pescadores, coletores e caçadores pré-históricos da restinga de Saquarema, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, v. 60, n. 1, p. 203–210, 2009.

LIMA, I. M. de S. F.; ZAGMIGNAN, A.; SANTOS, D. M.; MAIA, H. S.; SILVA, L. dos S.; CUTRIM, B. da S.; VIEIRA, S. L.; BEZERRA FILHO, C. M.; SOUSA, E. M. de; NAPOLEÃO, T. H.; KROGFELT, K. A.; LØBNER-OLESEN, A.; PAIVA, P. M. G.; SILVA, L. C. N. da. *Schinus terebinthifolia* leaf lectin (SteLL) has anti-infective action and modulates the response of *Staphylococcus aureus*-infected macrophages. *Scientific Reports*, v. 9, 2019, p. 18159. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54616-x>.

LLOYD, H. A.; JAQUINI, T. M.; EVANS, S. L.; MORTON, J. F. Terpenes of *Schinus terebinthifolius*. *Phytochemistry*, v. 16, p. 1301-2, 1977.

MACIEL, A. J.; LACERDA, C. P.; DANIELLI, L. J.; BORDIGNON, S. A. L.; FUENTEFRIA, A. M.; APEL, M. A. Antichemotactic and Antifungal Action of the Essential Oils from *Cryptocarya aschersoniana*, *Schinus terebinthifolia*, and *Cinnamomum amoenum*. *Chemistry & Biodiversity*, v. 16, 2019, p. e1900204. DOI: 10.1002/cbdv.201900204.

MARTIN, G. D.; MAGENGELELE, N. L.; PATERSON, I. D.; SUTTON, G. F. Climate modelling suggests a review of the legal status of Brazilian pepper *Schinus terebinthifolia* in South Africa is required. *South African Journal of Botany*, v. 132, p. 95-102, 2020. ISSN 0254-6299. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S025462992030123X>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.04.019>. Acesso em: 22 set. 2024.

MEDEIROS, Karina C. P. *et al.* Effect of the activity of the Brazilian polyherbal formulation: *Eucalyptus globulus* Labill, *Peltodon radicans* Pohl and *Schinus terebinthifolius* Raddi in inflammatory models. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 17, n. 1, p. 23–28, 2007.

NOCCHI, S. R.; COMPANHONI, M. V. P.; MELLO, J. C. P. de; DIAS FILHO, B. P.; NAKAMURA, C. V.; CAROLLO, C. A.; SILVA, D. B.; UEDA-NAKAMURA, T. Antiviral Activity of Crude Hydroethanolic Extract from *Schinus terebinthifolia* against Herpes simplex Virus Type 1. *Planta Medica*, v. 83, n. 06, p. 509-518, 2017. DOI: 10.1055/s-0042-117774

PRATTI, D. L. A.; RAMOS, A. C.; SCHERER, R.; CRUZ, Z. M. A.; SILVA, A. G. Mechanistic basis for morphological damage induced by essential oil from Brazilian pepper tree, *Schinus terebinthifolia*, on larvae of *Stegomyia aegypti*, the dengue vector. *Parasites & Vectors*, v. 8, n. 136, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0746-0>. Acesso em: 19 set. 2024.

QUEIRES, Luis Carlos *et al.* IN VITRO EFFECTS OF POLYPHENOLS EXTRACTED FROM THE AROEIRA PLANT (*SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS* RADDI) ON THE GROWTH OF PROSTATE CANCER CELLS (LNCaP, PC-3 AND DU145). *Brazilian Journal of Medicine and Human Health*, v. 1, n. 1, p. 71–82, 2013.

RAMOS, D. de B. M.; ARAÚJO, M. T. de M. F.; ARAÚJO, T. C. de L.; SANTOS NETO, O. G. dos; SILVA, M. G. e; SILVA, Y. A.; TORRES, D. J. L.; PATRIOTA, L. L. de S.; MELO, C. M. L. de; LORENA, V. M. B. de; PAIVA, P. M. G.; MENDES, R. L.; NAPOLEÃO, T. H. Evaluation of antitumor activity and toxicity of *Schinus terebinthifolia* leaf extract and lectin (SteLL) in sarcoma 180-bearing mice. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 233, 2019, p. 148-157. ISSN 0378-8741. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.01.011>

RAMOS, D. de B. M.; ARAÚJO, M. T. de M. F.; ARAÚJO, T. C. de L.; SILVA, Y. A.; SANTOS, A. C. L. A. dos; SILVA, M. G. e; PAIVA, P. M. G.; MENDES, R. L.; NAPOLEÃO, T. H. Antinociceptive activity of *Schinus terebinthifolia* leaf lectin (SteLL) in sarcoma 180-bearing mice. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 259, 2020, p. 112952. ISSN 0378-8741. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112952>.

RAZZAGHI-ABYANEH, Mehdi; RAI, Mahendra. Antifungal metabolites from plants. *Antifungal Metabolites from Plants*, p. 1–469, 2013.

- RUIZ, A. Ramos *et al.* Screening of medicinal plants for induction of somatic segregation activity in *Aspergillus nidulans*. v. 8741, n. 96, 1996.
- SANTOS, M. R. A. *et al.* Composição química e atividade inseticida do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) Ferrari. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 15, n. SUPPL. 1, p. 757–762, 2014.
- SANTOS, R.; SANTOS, R. & MARISCO, G. (2017). Avaliação da atividade genotóxica, citotóxica e antimicrobiana da infusão das folhas de *Spondias purpurea* L. *Scientia Plena*, 13 (3) 1-9.
- SCHIMITBERGER, V. M. B.; PRATTI, D. L. de A.; CAVALCANTI, L. C.; RAMALHO, V. F.; COSTA, A. P. F. da; SCHERER, R.; KUSTER, R. M.; RAMOS, A. C.; SILVA, A. G. da. Volatile compounds profile changes from unripe to ripe fruits of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolia* Raddi). *Industrial Crops and Products*, v. 119, 2018, p. 125-131. ISSN 0926-6690. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.011>
- SILVA, P. R. C.; CAMAROTI, J. R. S. L.; ALMEIDA, W. A.; FERREIRA, E. C. B.; PAIVA, P. M. G.; BARROS, R.; NAPOLEÃO, T. H.; PONTUAL, E. V. *Schinus terebinthifolia* leaf extract is a larvicidal, pupicidal, and oviposition deterring agent against *Plutella xylostella*. *South African Journal of Botany*, v. 127, 2019, p. 124-128. ISSN 0254-6299. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.08.054>
- SILVA, T. M. S.; Carvalho, M. G., Braz-Filho, R. Estudo Espectroscópico em Elucidação Estrutural de Flavonoides de *Solanum Jabrense* Agra & Nee E S. *Paludosum Moric.* *Quim. Nova*, 32(5): 1119-1128, 2009.
- SILVA-LUZ, C.L.; PIRANI, J.R.; PELL, S.K.; MITCHELL, J.D. Anacardiaceae in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available at:<<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB1199>>. consulta publica.uc.citacao.acesso.em 22 set. 2024
- SKOPP, G.; Schwenker, G. Biflavonoids from *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). *Zeitschrift für Naturforschung B*, 41(11): 1479-82, 1986.
- STAHL, E.; KELLER, K.; BLINN, C. Cardanol, a skin irritant in pink pepper. *Planta Medica*, v. 48, p. 5-9, 1983.
- TANG, H., PORRAS, G., BROWN, M.M. *et al.* Triterpenoid acids isolated from *Schinus terebinthifolia* fruits reduce *Staphylococcus aureus* virulence and abate dermonecrosis. *Sci Rep* **10**, 8046 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65080-3>
- VANDEBROEK, Ina *et al.* Use of medicinal plants and pharmaceuticals by indigenous communities in the Bolivian Andes and Amazon. *Bulletin of the World Health Organization*, v. 82, n. 4, p. 243–250, 2004.
- VICENÇO, C. B.; SILVESTRE, W. P.; SILVA, V. T. da; MENEGOL, I. V.; HAHN, R. C.; LIMA, T. S.; et al. Bioactivity of *Schinus molle* L. and *Schinus terebinthifolia* Raddi. Essential Oils on *Anticarsia gemmatalis* (Hübner 1818). *Brazilian Archives of Biology and Technology [Internet]*. 2020;63:e20200111. Available from: <https://doi.org/10.1590/1678-4324-202020011>

# SUGESTÃO DE RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO A SEREM EXECUTADOS NO RIO QUITANDINHA TRECHO AV. CORONEL VEIGA – PETRÓPOLIS

---

*Data de submissão: 26/02/2025*

*Data de aceite: 05/03/2025*

**Pedro Renato Vianna Barros**

**Paulo Pinheiro Castanheira Neto**

## OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo realizar análise referente a possível obra de alargamento das margens do rio Quitandinha em atenção à parte que corta a Av. Coronel Veiga, em locais estratégicos, com o objetivo de suportar as cheias nos períodos mais chuvosos.

Esta abordagem ocorre pelo motivo de que mesmo em períodos de baixas precipitações, o transbordamento do rio no local ocorre frequentemente durante todo o ano, algo que traz preocupação e prejuízo pros municípios e os comerciantes.

## DESCRIÇÃO DO RIO

O Rio Quitandinha nasce na vertente norte da Serra do Mar, atende mais de 27 ruas e 3 bairros, com seu sistema de drenagem desaguardo no rio, passa por 13 ruas, e desemboca no Rio Piabanha, um dos afluentes do Rio Paraíba do Sul. A nascente está localizada a 960 metros de altitude, próxima ao lago do Hotel Quitandinha, tendo aproximadamente 6,8 km de extensão. As margens do canal pluvial no trecho em análise se alinham à direita com a Av. Coronel Veiga e à esquerda com várias residências e estabelecimentos comerciais, que com o passar do tempo foram diminuindo a área da seção do conduto para aumento de terreno.

## Rio Quitandinha

### A - Curso:

[Lago do Quitandinha, Ruas Afrânio Mello Franco, General Rondon, Coronel Veiga, Washington Luis, Imperador, Imperatriz, Tiradentes, Koeler, Roberto Silveira, Padre Siqueira-Alfredo Pachá, Palácio de Cristal]

### B - Esquema do recebimento dos afluentes

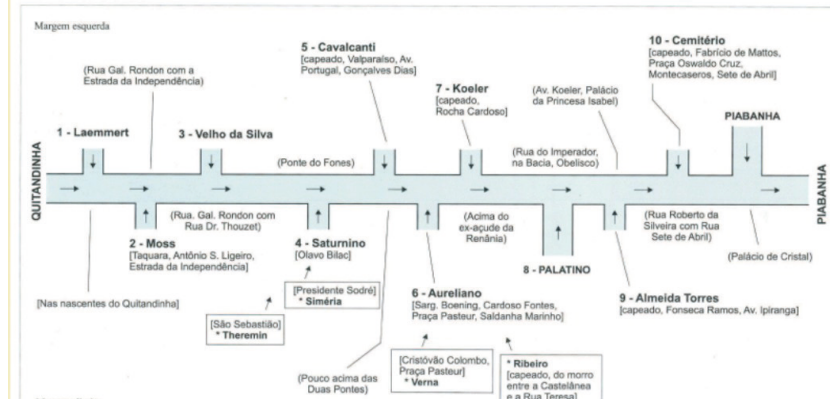


Figura 1: Áreas que abragem o rio Quintadinha

Fonte: Plano Diretor de Petrópolis

Ao longo do rio, há grande quantidade de pontes e travessias que o transpõem, ligando a Avenida às residências e comércios. Essas pontes reduzem pontualmente a altura do rio, causando a redução da sua seção, atuando como barramento superior e causando transbordamento em questão de pouco tempo nas épocas de cheias.

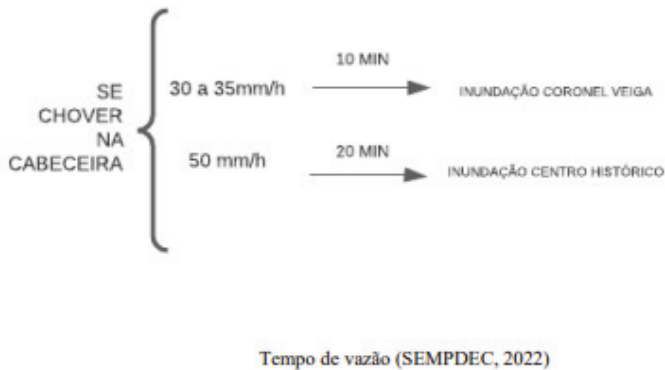


Figura 2: Pontes que diminuem a seção do rio na Av. Cel. Veiga

Fonte: Autor in loco

## AV. CORONEL VEIGA – PETRÓPOLIS - RJ

Segundo estudos do Plano de Contingência elaborado para o verão 2022/2023 pela Defesa Civil de Petrópolis – RJ, basta chover de 30 a 35 mm/h que em questão de 10 minutos, ocorre a inundação da avenida em referência.



### SECRETARIA MUNICIPAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL - SEMPDEC

Figura 3: Relação de quantidade por tempo, Plano de contingência verão 2022/2023

Fonte: Plano de Contingência Verão 2022/2023

Sendo assim, foram instaladas cancelas eletrônicas e sirenes na Ponte Fones, no início da Avenida e também no final da mesma. Essas, são acionadas quando são constatados pontos de inundação, para avisar aos munícipes sobre o ocorrido e buscarem ajuda em pontos de apoio já estabelecidos.

Esses são fatores primordiais para a escolhadeste local de estudo, com intuito de procurar maneiras de mitigar o problema. Para execução da pesquisa, foram analisadas 3 possíveis áreas para construção “in line”, que será explicada adiante. Para achar essa zonas, foram adotados os seguintes parâmetros:

- Locais nas margens dos rios;
- Terrenos sem construção;
- Apropriação de terrenos sem causar prejuízo aos proprietários;
- Locais estratégicos para suportar o volume de água.

Seguindo as determinações do INEA – RJ, Código Florestal (Lei nº 4.771/65) que fixou uma faixa de 5 metros de afastamento para cursos de água de até 10 metros de largura de calha, esses pontos escolhidos não deveriam ser utilizados pelos proprietários para construção legal, sendo assim, a sua desapropriação não traria prejuízo financeiro à administração pública. Ou, em pior hipótese, facilitaria a negociação de uma eventual indenização.

Deve-se observar, entretanto, que o código de obras da cidade ou Plano Diretor da Cidade, não considerou faixas de afastamento obrigatórias em leitos de rios.

No dia 14 de outubro de 2021, o Senado Brasileiro, aprovou um projeto de lei (PL), que permite a regularização de edifícios as margens de rios e córregos em áreas urbanas. O projeto altera o Código Florestal, atribuindo aos municípios o dever de regulamentar as faixas de restrição nas margens dos canais pluviais. O Código Florestal, indica que os terrenos às margens dos rios são Áreas de Preservação Permanente (APPs), determinando sua amplitude a partir da largura do curso d'água. Com a alteração no Senado, essa determinação não se aplica em áreas urbanas para construções já existentes. Em contraproposta, sugere que o governo local, estabeleça o tamanho da faixa de preservação, respeitando uma distância mínima de 15 metros.

## RESERVATÓRIO DE DETENÇÕES

### OS RESERVATÓRIOS DE DETENÇÕES

Conhecido como “piscinões” são estruturas hidráulicas que tem como função armazenar temporariamente o excesso do volume de água do sistema de drenagem, mitigando os impactos urbanos e ambientais.

Esse tipo de estrutura tomou mais notoriedade no Brasil através do estado de São Paulo onde há mais de 25 piscinões espalhados, projetos ainda em andamento e início de construção de novos reservatórios para atender toda a demanda da capital e cidades que deles necessitam. Segundo o Plano Diretor de Macrodrenagem do Governo do Estado de São Paulo são necessários mais de 70 piscinões no estado.

Tratam-se de grandes tanques de controle de cheias que atuam no amortecimento dos picos e vazão decorretes de eventos de fortes precipitações, postergando o transbordamentos dos rios, ou até mesmo impedindo que aconteça. Essas estruturas podem ou não conter um controle de comportas de entrada, através de acionamento manual com responsabilidade de acionamento da secretaria de Defesa Civil ou automático quando atingir um certo volume, sendo acionado rapidamente pelo sistema tecnológico. Ademais, podem ser locais amplos, ou mesmo em área menor sendo optativo um reservatório mais fundo.

Existem 2 classificações desses reservatórios, nos termos em inglês “in-line” e “off-line”, que respectivamente querem dizer, “em linha” e “fora da linha”, a etimologia das palavras já nos indicam as formas. Quando classificado “in-line”, a morfologia do piscinão estabelece que o nível de armazenamento do fluxo de água, esteja no mesmo nível do rio.

Sendo assim, quando classificado “off-line” a forma dos tanques, fica acima do nível do rio, captando apenas o excesso de água, quando a água chega em um determinado volume, é direcionada ao piscinão. Geralmente os reservatório “off line” necessitam de bombeamento para retorno das águas desviadas ao canal.



## 1º PISCINÃO

Na Avenida Coronel Veiga, o terreno de propriedade do Museu de Artesanato do Estado do Rio de Janeiro seria o local ideal para a construção do primeiro reservatório de detenções, podendo oferecer uma largura média de aplicação da margem do rio de até 6,00 metros com frente para a rua. O canal pluvial atualmente tem extensão de 70 metros, largura do rio de 7,00 metros e profundidade média de 3,75 metros, suportando um volume de 1.837,5 m<sup>3</sup>. Com essa construção, o volume de água suportado seria de 3.412,5 m<sup>3</sup>, quase o dobro de armazenamento de água

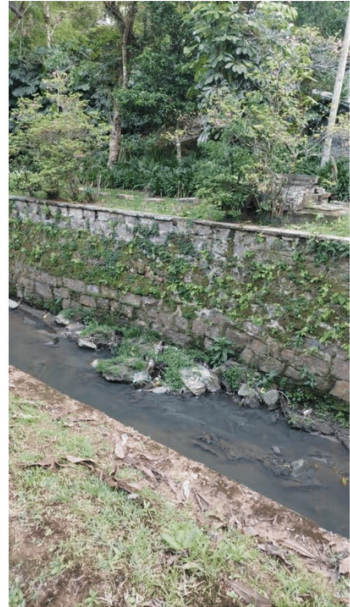


Figura 4: Foto do canal Museu do artesanato do Estado do Rio de Janeiro

Fonte: Autor in loco

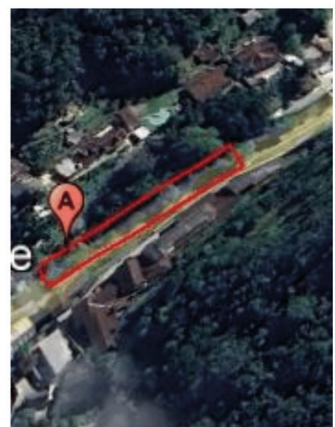
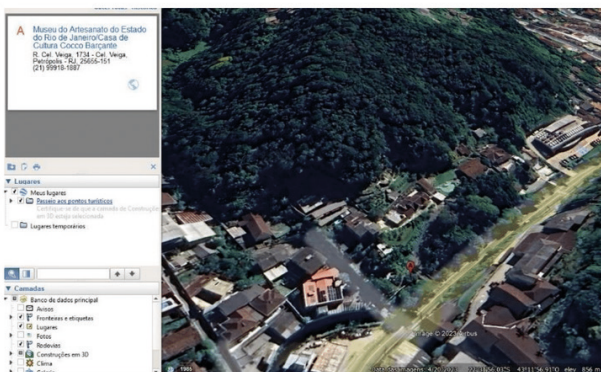


Figura 5: Vista de cima demarcando o local do piscinão

Fonte Google Earth



## 2º PISCINÃO

O terreno pertencente ao Instituto Teológico Franciscano, apresenta uma possível ampliação da largura das margens de até 5,00 metros com frente pra rua. O rio no local, atualmente tem extensão de 80 metros, sendo 3,00 metros ponte de acesso a propriedade, largura de 5,00 metros e profundidade média de 4,00 metros, resite a um volume de 1.600 m<sup>3</sup> de água. A nova formação do canal com o acréscimo de largura, passa a tolerar um total de 3.080 m<sup>3</sup>.

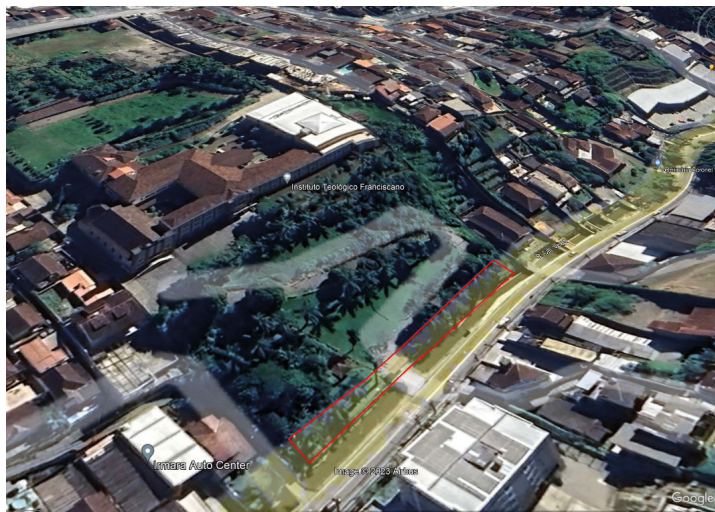


Figura 6: Vista de cima demarcando o local do piscinão

Fonte: Google Earth



Figura 7: Imagem do canal e do local de piscinão.

Fonte: Autor in loco

### 3° PISCINÃO

A propriedade particular, onde se estabelece uma clínica veterinária, denominada “Veterinária Coronel Veiga”, indica uma possível área de expansão de largura de até 6,00 metros. No presente o trecho conta com uma extensão de 30,00 metros, largura de 6,00 metros, e profundidade média de 3,00 metros, aguentando um volume de 540m<sup>3</sup>. Tendo em vista uma nova estrutura do canal, passará a suportar um total de 1.080 m<sup>3</sup>, o dobro do volume.



Fonte: Autor in loco



Fonte: Google Earth

Figura 8: Imagem do canal e do local de piscinão.



Figura 9: Imagem do canal e do local de piscinão.

Fonte: Google Earth

## PARÂMETROS HIDROLÓGICOS

É importante ressaltar o volume d'água suportado pelo canal pluvial no trecho. Em uma análise de medição da área da seção realizado pelo autor em setembro de 2023 próxima as áreas de pesquisa, foi constatado em média, uma profundidade de 3,62 metros, 6,00 metros de largura, e uma extensão de toda a rua de 2 km, dados estes, temos que o volume suportado do rio ao decorrer da Avenida é de 43.440 m<sup>3</sup> em média. A sequência deste trabalho indicará os cálculos necessários

## MORFOLOGIA DO CANAL

Através dos registros apresentados nessa pesquisa, podemos caracterizar que o canal em análise tem o formato predominantemente retangular, e que a maior parte de sua parede é composta por muros de contenção em concreto. Já a base do canal foi observada, em geral, como terreno arenoso e argiloso.

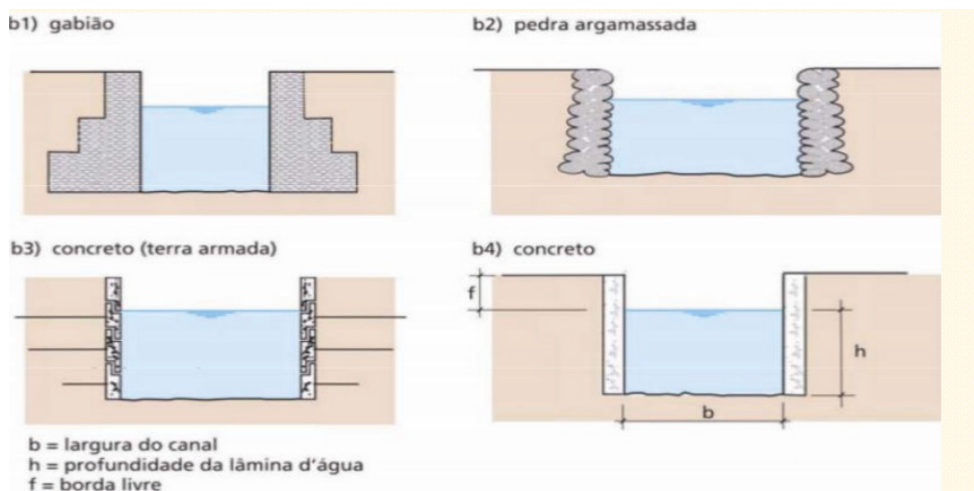


Figura 10: Formato do rio.

Fonte: Material de aula, Professor Paulo Castanheira

Todo o formato do canal, bem como os materiais que o revestem, se relacionam com a velocidade de escoamento do, pois as margens do canal devem ser envolvidas por materiais que impedem a erosão do solo. Ao mesmo tempo que na base, podem ser utilizados materiais e degraus para reduzir a velocidade do fluxo de água e que sirvam para dissipar a energia cinética.



Materiais das paredes	Velocidade máxima (m/s)
Terreno arenoso	0,30
Saibro	0,40
Aglomerados consistentes	2,00
Alvenaria	2,50
Rocha Compacta	4,00
Revestimento de concreto	4,50

Figura 11: Limites Máximos de Velocidade (Xavier, 2009)

Fonte: Material de aula, Professor Paulo Castanheira

## ESTIMATIVA E CÁLCULO DE VAZÃO

A velocidade da água está relacionada diretamente com a vazão de escoamento. Uma vez que a vazão é igual a velocidade do escoamento vezes a área molhada do fluido, segundo o teorema de Manning.

**Equação de Manning:**

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} \sqrt{i}$$

onde:

- $V$  = velocidade média (em m/s)
- $n$  = coeficiente de rugosidade de Manning
- $i$  = declividade média (em m/m)
- $R_H$  = raio hidráulico (em m)

**com:**

- $R_H$  = raio hidráulico (em m)
- $A_m$  = área molhada (em m<sup>2</sup>)
- $P_m$  = perímetro molhado (em m)

**Diagrama (a):** Vista lateral do canal com a superfície livre e a área molhada  $A_m$  e o perímetro molhado  $P_m$ .

**Diagrama (b):** Seção transversal  $a-a$  do canal, mostrando a superfície livre, a área de escoamento  $A$  e o perímetro molhado  $P$ .

**REVESTIMENTO**

Revestimento	$n$
Terra	0,035
Rachão	0,035
Gabião	0,028
Pedra argamassada	0,025
Aço corrugado	0,024
Concreto <sup>5</sup>	0,018

onde:

- $n_m$  = coeficiente de rugosidade equivalente
- $P_1, P_2, \dots, P_n$  = perímetros molhados referentes aos revestimentos do tipo "a", "b", ..., "n"
- $n_1, n_2, \dots, n_n$  = rugosidades referentes aos diferentes revestimentos
- $P = P_1 + P_2 + \dots + P_n$  = somatório dos perímetros molhados,

**Equação de Continuidade:**

$$Q = V A_m$$

onde:

- $V$  = velocidade média (em m/s)
- $A_m$  = área molhada (em m<sup>2</sup>)
- $Q$  = vazão (em m<sup>3</sup>/s)

Figura 12: Fórmula de Manning

Fonte: Material de aula, Professor Paulo Castanheira

De acordo com o mapa topográfico do local, podemos observar a cota da montante em 842m e a cota da jusante em 834m. Levando em conta que a profundidade do rio na jusante que é de 4 metros e na montante de 3,75 temos que a jusante média do rio equivale a 830m e a montante média do rio equivale a 838,20m, utilizaremos esses valores para os calculos.

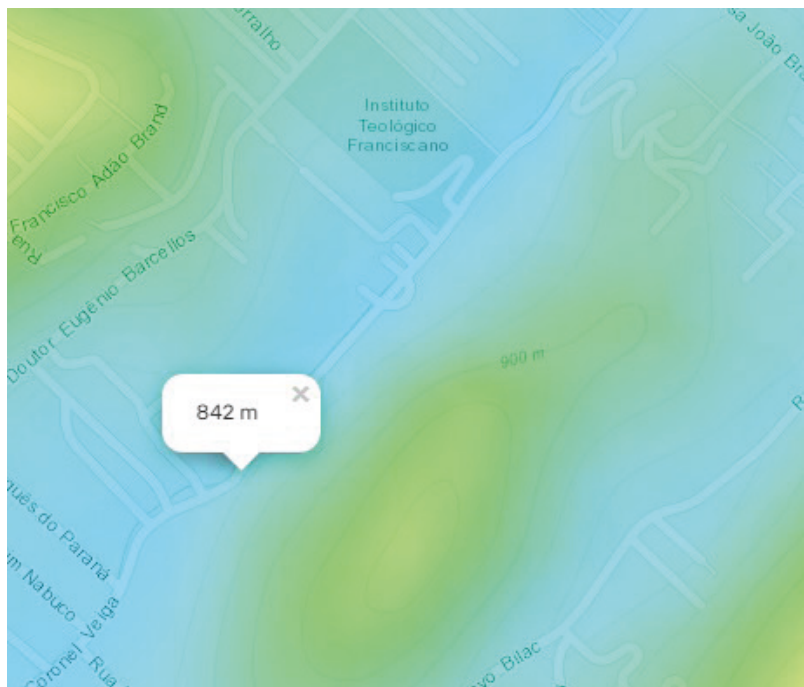


Figura 13: Montante na Av. Cel. Veiga  
 Fonte: Mapa topográfico (topographic-map.com)

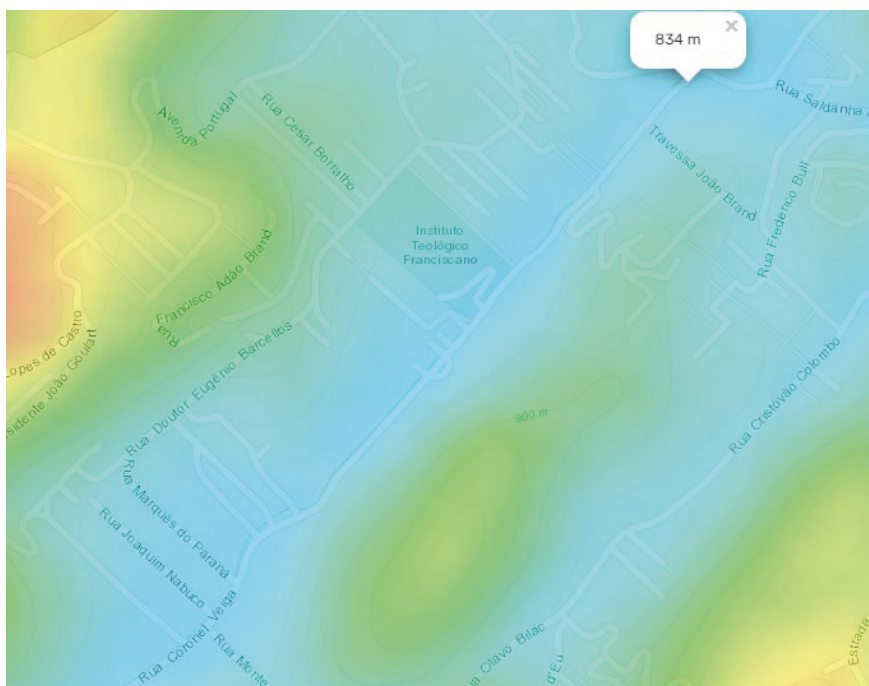


Figura 13: Jusante na Av. Cel. Veiga  
 Fonte: Mapa topográfico (topographic-map.com)

As cotas apresentadas ao longo da extensão de 1,8km determinam uma inclinação média de 0,44%, declividade baixa e fora dos parâmetros da NBR 10844 que recomenda para condutos horizontais uma declividade uniforme e mínima de 0,5%.

Para calcular o Raio Hidráulico, a área molhada sobre o perímetro molhado, calculamos a diferença do período de seca e do período chuvoso, o que impactará diretamente na velocidade da vazão.

- SEÇÃO VAZIA:

Perímetro molhado:  $6\text{m} + 0,15\text{m} + 0,15\text{m} = 6,3\text{m}$

Área molhada:  $0,9\text{ m}^2$

RH:  $0,14\text{ m}$

Velocidade de escoamento:  $0,08\text{ m/s}$

- SEÇÃO CHEIA (pela média de altura dos 3 canais):

Perímetro molhado:  $6\text{m} + 3,58 + 3,58 = 13,17\text{m}$

Área molhada:  $21,5\text{ m}^2$

RH:  $1,63\text{ m}$

Velocidade de escoamento:  $10,87\text{ m/s}$

Com esses calculos apresentados podemos observar a discrepância da seção vazia para a seção cheia, tanto no Raio hidraulico quanto na velocidade. Além disso, também podemos calcular a Vazão total nas duas seções:  $Q = V \cdot A_m$

Seção vazia:  $0,07\text{ m}^3/\text{s}$

Seção cheia:  $233,77\text{ m}^3/\text{s}$

Esses parâmetros servem para diferenciar a capacidade de escoamento dos condutos, antes e após a obra de alargamento dos pisciões. Podemos observar agora a vazão do canal após as obras do reservatório de retenção, levando em consideração o mesmo volume de água para fins de comparação.

- SEÇÃO VAZIA:

Perímetro molhado:  $11,66\text{m} + 0,15\text{m} + 0,15\text{m} = 11,96\text{ m}$

Área molhada:  $1,75\text{ m}^2$

RH:  $0,14\text{ m}$

Velocidade de escoamento:  $0,08\text{ m/s}$

VAZÃO =  $0,13\text{ m}^3/\text{s}$

- SEÇÃO CHEIA:

Perímetro molhado:  $11,66\text{ m} + 3,58 + 3,58 = 11,96$

Área molhada:  $41,74$

RH:  $2,21\text{ m}$

Velocidade de escoamento:  $20,35\text{ m/s}$

VAZÃO =  $849,46\text{ m}^3/\text{s}$

## REFERÊNCIAS HIDROLÓGICAS DE PETRÓPOLIS

Referências encontradas em Araújo, L. M. N. et al., XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS e II Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Paraíba do Sul indicam vazão máxima podendo variar até 240m³/s.

## CONCLUSÃO

Nas 3 propostas de piscinões apresentadas, procurou-se identificar distâncias mínimas de afastamento, sem necessariamente chegar às construções existentes e aquém da distância mínima pretendida pelo código florestal do INEA – RJ. Foi observada a suma importância de uma medida concreta que amenize as inundações da rua buscando a segurança e garantia de circulação dos comerciantes, moradores e turistas que passam pela região. Vale também ressaltar a capacidade de armazenamento e vazão após a construção da estrutura, o que comprovado através desta pesquisa que, terá 2 vezes mais capacidade de armazenamento e vazão de aproximadamente 3 A 4 vezes a mais do que as referências encontradas para vazão de Rios em Petrópolis que atende as expectativas criadas dentro do tema tratado.

## SUGESTÕES DE NOVOS ESTUDOS

Recomenda-se, para finalização do estudo e eventual apresentação de um projeto preliminar, identificar soluções para as contenções nos locais de implantação dos piscinões e análise de custo.

## REFERENCIAS

- <http://www.daee.sp.gov.br/site/macrodrenagem/>
- <https://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2021-10/senado-aprova-construcoes-margens-de-rios-e-lagos-em-cidades>
- <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2023/01/03/estudo-de-vazao-do-rio-quitandinha-em-petropolis-revela-tempo-de-transbordo-por-periodo-e-volume-de-chuva.ghtml>
- <https://www.petropolis.rj.gov.br/pmp/index.php/defesa-civil/planos-de-contingencia>
- <https://pt-br.topographic-map.com/map-31fp18/Petr%C3%B3polis/?zoom=16&center=-22.52598%2C-43.18994&base=4>
- <https://canteirodeengenharia.com.br/2021/08/04/nbr-10844-drenagem-pluvial-em-edificacoes/>
- ARAÚJO, L. M. N et al. ESTUDOS INTEGRADOS DE BACIAS EXPERIMENTAIS PARAMETRIZAÇÃO HIDROLÓGICA NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO PIABANHA
- CALIBRAÇÃO DIÁRIA DO MODELO SWAT PARA A BACIA REPRESENTATIVA DO RIO PIABANHA - XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
- COMPARAÇÃO DA VAZÃO Q95% OBTIDA ATRAVÉS DO ESTUDO DE REGIONIZAÇÃO DE VAZÕES E DE MODELAGEM HIDROLÓGICA COM USO DO MODELO SWAT PARA ESTAÇÕES DA BACIA REPRESENTATIVA DO RIO PIABANHA – III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Paraíba do Sul

# CHATBOTS EDUCATIVOS: UNA HERRAMIENTA PARA ACOMPAÑAR LA ASIGNATURA DE DISEÑO DE PLAN DE VIDA

---

*Data de submissão: 02/01/2025*

*Data de aceite: 05/03/2025*

**Rita Elizabeth Soto-Sánchez**

Universidad de Guadalajara/ SEMS  
Guadalajara, Jalisco, México  
<https://orcid.org/0009-0003-4036-3666>

**Nansi Ysabel García-García**

Universidad de Guadalajara/ SEMS  
Guadalajara, Jalisco, México  
<https://orcid.org/0000-0002-1419-5377>

**Valeria Chávez Muñiz**

Universidad de Guadalajara/ SEMS  
Guadalajara, Jalisco, México  
<https://orcid.org/0009-0002-7531-4154>

**Oscar Zaragoza Vega**

Universidad de Guadalajara/ SEMS  
Guadalajara, Jalisco, México  
<https://orcid.org/0000-0002-8015-1655>

**Martha Patricia Gutiérrez Pérez**

Universidad de Guadalajara/ SEMS  
Guadalajara, Jalisco, México  
<https://orcid.org/0000-0001-6074-9177>

**Luz María Zepeda Álvarez**

Universidad de Guadalajara/SEMS/  
Preparatoria Regional de Casimiro Castillo  
Guadalajara, Jalisco, México  
<https://orcid.org/0009-0005-5838-9121>

**Héctor Alejandro Vela Villarreal**

Universidad de Guadalajara/SEMS/  
Preparatoria Regional de Casimiro Castillo  
Guadalajara, Jalisco, México  
<https://orcid.org/0009-0007-1011-8300>

**Bertha Alicia Vargas Ávila**

Universidad de Guadalajara/ SEMS  
Guadalajara, Jalisco, México  
<https://orcid.org/0009-0000-0423-0143>

**Germán Raúl Jiménez-García**

Universidad de Guadalajara  
Guadalajara, Jalisco, México  
<https://orcid.org/0009-0004-3249-4858>

**Lorena Noemí Prieto Mendoza**

Universidad de Guadalajara/SEMS  
Guadalajara, Jalisco, México  
<https://orcid.org/0009-0009-4348-3026>

**Alejandra Araceli Juárez Navarro**

Universidad de Guadalajara/SEMS  
Guadalajara, Jalisco, México  
<https://orcid.org/0009-0006-1061-0226>

**Alejandro Geovanni Enciso Werekeitzen**

Universidad de Guadalajara/SEMS  
Guadalajara, Jalisco, México.  
<https://orcid.org/0009-0006-5639-3298>



**RESUMEN:** En el proyecto “*Chatbots educativos: Una herramienta para acompañar la asignatura de Diseño de plan de vida*” se investiga cómo los *Chatbots* pueden influir en el aprendizaje del diseño de plan de vida en el estudiantado. Se enfoca en estrategias pedagógicas para integrar tecnologías innovadoras en una unidad de aprendizaje crucial, que va más allá de lo académico, pues abarca aspectos emocionales, sociales y profesionales, se justifica por la necesidad de comprender el impacto potencial de los *Chatbots* en esta área específica de enseñanza, para mejorar la calidad educativa y promover la innovación pedagógica. La pregunta de investigación rectora de la investigación fue: ¿De qué manera el uso de *Chatbot* puede influir en el proceso de aprendizaje y desarrollo de habilidades de diseño de plan de vida en los estudiantes de bachillerato de la UDG? El proyecto se trabajó bajo una metodología cuantitativa, como instrumentos de recogida de información se aplicaron dos encuestas, con lo que se evaluó el impacto del uso de *Chatbots* en la participación y compromiso de los estudiantes, así como identificación de posibles mejoras en su implementación, los resultados contribuyen a optimizar la integración de *Chatbots* en el aula y fortalecer la calidad de la enseñanza en la Universidad de Guadalajara.

**PALABRAS-CLAVE:** Chatbots, Intervención educativa, Tecnología Educativa

## EDUCATIONAL CHATBOTS: A TOOL TO ACCOMPANY THE LIFE PLAN DESIGN ASSIGNMENT

**ABSTRACT:** The project “Educational Chatbots: A Tool to Support the Course on Life Plan Design” investigates how chatbots can influence students’ life plan design learning. It focuses on pedagogical strategies to integrate innovative technologies in a crucial unit beyond academics, encompassing emotional, social, and professional aspects. It is justified by the need to understand the potential impact of chatbots in this specific teaching area, seeking to improve educational quality and promote pedagogical innovation. The project uses a mixed methodology combining quantitative and qualitative methods, including surveys and semi-structured interviews. It is expected to evaluate the impact of the use of chatbots on student participation and engagement and identify possible improvements in their implementation. The results will contribute to optimizing the integration of chatbots in the classroom and strengthen the quality of teaching at Universidad de Guadalajara.

**KEYWORDS:** Chatbots, Educational Intervention, Educational Technology

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día la educación cuenta con el apoyo de herramientas tecnológicas que coadyuvar a los procesos de enseñanza-aprendizaje, es el caso de las inteligencias artificiales (IA) en específico los *Chatbot* que siendo un programa informativo que con su aplicación estimula a mantener una conversación real con el estudiante en tiempo real ya sea por texto o por voz; colabora a que el estudiante logre sus objetivos académicos.

La propuesta del proyecto “*Chatbot* como herramienta didáctica para la unidad de aprendizaje de diseño de plan de vida” investiga cómo los *Chatbots* pueden influir en el aprendizaje del diseño de plan de vida en el estudiantado. Se enfoca en estrategias pedagógicas para integrar tecnologías innovadoras en una unidad de aprendizaje crucial,

como lo es esta signatura, que va más allá de lo académico, pues abarca aspectos emocionales, sociales y profesionales, para que el estudiantado organice un futuro al concluir su preparatoria, que proyecte un plan de vida acorde a sus intereses, habilidades, a su autoconocimiento, entre otros.

El trabajo se justifica por la necesidad de comprender el impacto potencial de los *Chatbots* en esta área específica de enseñanza, poco conocida, que busca mejorar la calidad educativa y promover la innovación pedagógica. El proyecto utiliza una metodología mixta que combina métodos cuantitativos y cualitativos, utiliza instrumentos de recogida de información como encuestas y entrevistas semiestructuradas, se espera evaluar el impacto del uso de *Chatbots* en la participación y compromiso de los estudiantes, así como identificar posibles mejoras en su implementación, los resultados contribuirán a optimizar la integración de *Chatbots* en el aula y fortalecer la calidad de la enseñanza en la Universidad de Guadalajara.

Desde el surgimiento de las primeras computadoras en los años 40s (Fundación UNAM, 2019), la evolución de las Tecnologías de la Información y la Comunicación no solo ha seguido su curso, sino que se ha potencializado. De acuerdo con lo establecido por la UNAM en el blog, en la década de los ochenta, los robots dejaron de ser meramente una creación de la ficción, ya que se comenzaron a utilizar brazos gigantes programados para realizar tareas específicas en las fábricas de automóviles en Japón, sustituyendo así a los obreros humanos. Si bien el objetivo de la robótica es emplear máquinas en diversas áreas, esto resulta costoso y complicado, aunque los avances en la investigación de las redes neuronales e inteligencia artificial están progresando a una velocidad espectacular.

Recientemente, la inteligencia artificial ha dado otro gran salto científico tecnológico con el lanzamiento del software de modelo de lenguaje Chat GPT, una herramienta de acceso público desarrollada por OpenAI (<https://chat.openai.com>) (Hill-Yardin, Hutchinson y Spencer, 2023). De acuerdo con estos autores este software no es capaz de emular el pensamiento crítico de alto nivel, aunque podría ser útil para identificar conceptos, presentar información, incluso desarrollar una hipótesis.

El modelo Chat GPT es uno de los avances más recientes en inteligencia artificial y procesamiento del lenguaje natural. Este modelo ha sido entrenado con una amplia gama de datos y puede ofrecer respuestas coherentes y relevantes en función de las entradas que recibe, aunque también puede ofrecer respuestas inciertas o incorrectas. De acuerdo con Biswas (2023), la IA tiene el potencial de mejorar la participación y motivación de los estudiantes en sus cursos y mejorar su rendimiento académico.

La Universidad de Guadalajara (UDG) ha establecido un marco normativo sólido que regula la implementación de sus programas educativos de educación media superior, incluyendo el Diseño de Plan de Vida como parte fundamental de su plan de estudios. Sin embargo, a pesar de contar con un diseño curricular aprobado y normativas internas bien definidas, persisten desafíos en cuanto a la efectividad y adecuada aplicación de estos lineamientos en la práctica educativa, uno de los desafíos principales radica en la necesidad de garantizar que la implementación del plan de estudios se realice de manera efectiva y coherente con los objetivos establecidos por las autoridades educativas.

Esto implica no solo la impartición de las asignaturas correspondientes, sino también la promoción activa del desarrollo de competencias específicas en los estudiantes, particularmente en lo que respecta al Diseño de Plan de Vida, donde el estudiante diseña su proyecto de vida, a través de la toma de decisiones, considerando sus necesidades, recursos y contexto que intervienen en su desarrollo personal, para tener claridad en las metas que se propone.

La Unidad de aprendizaje de Diseño de Plan de Vida, como parte de la currícula del del Bachillerato General por Competencias de la UDG, tiene como objetivo principal proporcionar a los estudiantes las herramientas necesarias para el diseño del “proyecto de vida, a través de la toma de decisiones, considerando sus necesidades, recursos y contexto que intervienen en su desarrollo personal, para tener claridad en las metas que se propone” (UDG, 2015, p 113), este proceso requiere no solo conocimientos teóricos, sino del desarrollo de ciertas habilidades, prácticas y un enfoque integral que considere aspectos académicos, emocionales, sociales y profesionales.

Además, la situación educativa actual está marcada por la creciente importancia de la tecnología en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje que si bien la UDG ha establecido un marco normativo que regula las actividades académicas dentro del Sistema de Educación Media Superior (SEMS) incluyendo la integración de tecnologías educativas, como los *Chatbots*, aún queda por determinar cómo estas herramientas pueden ser aprovechadas de manera óptima en el contexto específico del Diseño de Plan de Vida.

El diseño de un plan de vida representa una herramienta esencial en el proceso de orientación vocacional de los estudiantes, particularmente en el quinto semestre de su trayectoria académica, este proceso no se limita únicamente a la planificación de metas y objetivos profesionales, sino que implica una reflexión profunda sobre valores, intereses personales, habilidades y aspiraciones futuras, en este contexto, la unidad de aprendizaje de Diseño de Plan de Vida, del Bachillerato General por Competencias, adquiere una relevancia significativa en el planteamiento del problema puesto que surge de la necesidad de comprender el uso de *Chatbots* en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Esta problemática se enmarca en la importancia del diseño de plan de vida como una herramienta esencial en la orientación vocacional de los estudiantes, especialmente en quinto semestre de su formación como bachilleres, aunque esta unidad de aprendizaje proporciona un espacio propicio para la exploración y definición de metas y aspiraciones de manera reflexiva, por lo que enseñarla de manera efectiva requiere un enfoque pedagógico que promueva la autoexploración y el autoconocimiento.

Al considerar el nivel de desarrollo cognitivo de los estudiantes de bachillerato y la posibilidad de incorporar chat GPT o cualquier otra IA como herramienta tecnológica en el proceso de enseñanza aprendizaje es preciso establecer determinadas pautas que permitan convertir el uso de este tipo de herramientas en una posibilidad de desarrollo de habilidades blandas como la capacidad de análisis, pensamiento crítico y reflexivo, elementos clave del proceso formativo de todo estudiante, especialmente de los adolescentes.

En este contexto, los *Chatbots* emergen como una posible solución para mejorar la enseñanza del diseño de plan de vida, ya que estos agentes virtuales tienen la capacidad de ofrecer un apoyo personalizado y accesible a la población estudiantil, de manera que les permite clarificar conceptos, responder preguntas y guiarlos en actividades de reflexión y planificación, sin embargo, la efectividad de los *Chatbots* en esta área específica de enseñanza ha sido poco explorada.

Por lo tanto, el objetivo general de esta investigación es evaluar el impacto del uso de *Chatbots* en el aula para la unidad de aprendizaje de Diseño de Plan de Vida, para lograr este objetivo, se plantean los siguientes objetivos específicos: identificar las percepciones del estudiantado sobre la utilidad y efectividad de los *Chatbots* en el aprendizaje del diseño de plan de vida, analizar cómo el uso de *Chatbots* influye en la participación y compromiso de los estudiantes en la unidad de aprendizaje, así como explorar posibles mejoras y adaptaciones necesarias en la implementación de los *Chatbots* para la enseñanza del diseño de plan de vida.

Si bien la implementación de herramientas de IA pueden representar una herramienta de gran utilidad para la vida académica de los bachilleres, también puede convertirse en un distractor que frene su desarrollo cognitivo, de ahí la importancia de implementar este tipo de tecnologías en el aula para identificar cuáles herramientas se convierten en prioritarias en el proceso formativo de los bachilleres y cuáles es necesario profundizar en los posibles beneficios antes de convertirlas en una herramienta de uso cotidiano.

De manera general, la situación problemática identificada destaca la necesidad de abordar diversos desafíos relacionados con la implementación efectiva del plan de estudios de la UDG, particularmente en lo que respecta al Diseño de Plan de Vida, y la integración de tecnologías educativas, como los *Chatbots*, para mejorar el proceso de Enseñanza-Aprendizaje y promover el desarrollo integral de los estudiantes. Por ello se trabajó bajo la pregunta: ¿De qué manera el uso de *Chatbot* puede influir en el proceso de aprendizaje y desarrollo de habilidades de diseño de plan de vida en los estudiantes de bachillerato de la UDG?

## Objetivo General

Evaluar el impacto del uso de *Chatbot* en el aula para la unidad de aprendizaje de Diseño de Plan de Vida en la UDG.

## Objetivos Específicos

- Identificar las percepciones de los estudiantes sobre la utilidad y efectividad de los *Chatbots* en el aprendizaje del diseño de plan de vida.
- Analizar cómo el uso de *Chatbots* influye en la participación y compromiso de los estudiantes en la unidad de aprendizaje.
- Explorar las posibles mejoras y adaptaciones necesarias en la implementación de los *Chatbots* para la enseñanza del diseño de plan de vida.

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El marco teórico de esta investigación se basa en diversas áreas de estudio que respaldan la integración de tecnologías educativas, como los *Chatbots*, en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje del Diseño de Plan de Vida en la Universidad de Guadalajara. Según Siemens (2004), el conectivismo enfatiza la importancia de las redes de aprendizaje y el acceso a la información a través de la tecnología para el desarrollo de competencias en entornos digitales.

Además, Johnson, Adams, y Cummins (2017) sostienen que el aprendizaje se facilita a través de la interacción social y el apoyo del entorno, lo que sugiere que el uso de *Chatbots* podría promover la colaboración y el intercambio de conocimientos entre los estudiantes. Asimismo, según Hmelo-Silver, Duncan, y Chinn (2013), el aprendizaje constructivista enfatiza la importancia de la construcción activa del conocimiento por parte del estudiante, lo que sugiere que los *Chatbots* podrían proporcionar oportunidades para la exploración y el descubrimiento de conceptos relacionados con el diseño de plan de vida.

### Diseño de Plan de Vida

Por otro lado, la literatura sobre el diseño de plan de vida y el desarrollo personal ha destacado la importancia de brindar orientación y apoyo a los estudiantes para que puedan establecer metas claras y desarrollar habilidades para alcanzarlas (Bronfenbrenner, 2011; Super, 2012), lo que sugiere que los *Chatbots* podrían ser una herramienta efectiva para este fin.

Se refiere al proceso mediante el cual los individuos identifican sus metas, valores, intereses y habilidades, y planifican acciones concretas para alcanzar sus objetivos personales y profesionales a lo largo del tiempo. Este concepto está intrínsecamente ligado al desarrollo personal y académico de los estudiantes.

El diseño de un plan de vida implica la creación de un conjunto de metas, objetivos y acciones que una persona se propone alcanzar a lo largo de su existencia. Este plan sirve como una guía para orientar las decisiones y el comportamiento, y puede abarcar aspectos personales, profesionales, educativos, familiares, entre otros. Algunos pasos comunes para diseñar un plan de vida incluyen la visualización del futuro deseado, el autoanálisis, la identificación de valores, el establecimiento de objetivos, la definición de un marco de tiempo y la determinación de acciones concretas para alcanzar dichos objetivos.

El plan de vida es una herramienta importante para planificar el futuro, conocerse mejor a uno mismo y saber hacia dónde se desea dirigir. Permite establecer metas a corto, mediano y largo plazo, y se puede adaptar a diferentes áreas de la vida, como la académica, laboral, familiar, emocional, espiritual, entre otras. Al construir un plan de vida, se busca alinear las acciones con los valores e intereses personales, y se fomenta la reflexión sobre el rol de otras personas en la vida.

## Tecnología Educativa

De acuerdo con Cueva Gaibor, 2020, “Las TIC dejan de ser tan solo herramientas tecnológicas en la educación, sino que se convierten en una de las competencias básicas a desarrollar en el proceso de enseñanza-aprendizaje” (p. 342), de ahí que para algunos autores la tecnología educativa sea “un elemento clave para promover una educación más inclusiva y equitativa, brindando a todos los estudiantes, independientemente de su ubicación o contexto socioeconómico, igualdad de oportunidades para adquirir conocimientos y habilidades” (Arbañil Rivadeneira, et al, 2023, p. 7).

La tecnología educativa puede definirse como el conjunto de métodos, herramientas y recursos utilizados en el proceso de enseñanza aprendizaje con la finalidad de promover mayor participación y colaboración de los estudiantes, mientras se desarrollan habilidades que le permitan a los estudiantes enfrentar los desafíos actuales (Arbañil Rivadeneira, et al, 2023; Cueva Gaibor, 2020). Algunos de los beneficios que ofrece la tecnología educativa incluyen la creación de experiencias de aprendizaje inclusivas, atractivas y personalizadas, la mejora del acceso a recursos educativos, contenidos digitales y plataformas interactivas, y la preparación de los alumnos para las exigencias del mundo moderno.

Comprende el uso de herramientas tecnológicas, como los *Chatbots*, con el propósito de mejorar la enseñanza, el aprendizaje y la gestión educativa. La tecnología educativa busca integrar de manera efectiva la tecnología en los procesos de enseñanza y aprendizaje para optimizar los resultados educativos.

En el contexto de la educación media superior, diversos estudios han demostrado el potencial de la tecnología educativa para mejorar el aprendizaje de los estudiantes (Prensky, 2019), lo que respalda la relevancia de investigar el impacto de los *Chatbots* en esta población estudiantil específica.

La inteligencia artificial (IA) en la educación revela un panorama dinámico y prometedor en el ámbito educativo. Diversas investigaciones han explorado la integración de la IA en la formación de docentes y en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje. Ayuso-del Puerto y Gutiérrez-Estebas (2022) resaltan la importancia de analizar las percepciones del profesorado en formación inicial sobre el uso de la IA en su proceso formativo y su impacto en el aprendizaje. Los resultados sugieren que la IA enriquece los entornos de aprendizaje y motiva a los estudiantes a utilizar tecnologías de manera efectiva.

Además, investigaciones bibliométricas como la realizada por Del Campo, Villota, Andrade y Montero (2023) destacan la creciente atención a las tecnologías disruptivas en educación, como la IA y la robótica, lo que subraya la relevancia de estas tecnologías en la comunidad académica. Sanabria, Córdoba, Silveira y Pérez (2023) profundizan en la incidencia de la IA en la educación contemporánea, destacando el papel central de los estudiantes y profesores en este proceso. El estado del arte enfatiza la necesidad de comprender la evolución de la IA en la educación y su potencial para transformar el aprendizaje.

Con ello se refleja el creciente interés y la expansión de la inteligencia artificial en la educación, subrayando su potencial para mejorar el aprendizaje, promover la participación de los estudiantes y brindar nuevas oportunidades para la formación de docentes. Estas investigaciones señalan que la IA no solo enriquece el proceso educativo, sino que también plantea desafíos éticos y prácticos que deben abordarse.

La comprensión de este contexto resulta fundamental para los educadores y profesionales de la educación en la era digital, ya que la IA continuará desempeñando un papel central en la evolución de la pedagogía y el aprendizaje. Con ello se sienta la base para futuras investigaciones y reflexiones en el campo de la inteligencia artificial y su influencia en la educación, pues son pocas las investigaciones en torno a la aplicación de la IA en el medio académico, especialmente con adolescentes, por lo que se considera que se necesita más investigación empírica y crítica para comprender mejor el impacto de la IA en la educación superior y para abordar las preocupaciones identificadas en este apartado, además de enfatizar que falta de profundización en aspectos éticos y competencias docentes para el uso de la IA.

## Chatbots

En el nivel más básico, un *Chatbot* es un programa informático que simula y procesa conversaciones humanas (ya sea escritas o habladas), permitiendo a los humanos interactuar con dispositivos digitales como si se estuvieran comunicando con una persona real, los *Chatbots* pueden ser tan sencillos como programas rudimentarios que responden a consultas sencillas con una respuesta de una sola línea o tan sofisticados como los asistentes digitales que pueden aprender y evolucionar para ofrecer niveles de personalización cada vez mayores a medida que reúnen y procesan información, los *Chatbots* pueden proporcionar respuestas automáticas a preguntas comunes, ofrecer información, guiar a los usuarios a través de procesos y realizar tareas específicas, todo ello de manera interactiva y personalizada.

En el ámbito educativo, se están explorando y experimentando principalmente los agentes conversacionales escritos. Algunas herramientas de IA ya se están utilizando en las aulas. Estos *Chatbots* teóricamente permiten personalizar el aprendizaje, adaptándose al ritmo de cada estudiante, abordar las dificultades específicas del alumno para construir una educación inclusiva y apoyar al docente en la enseñanza de nuevas materias.

## Aprendizaje Personalizado

Se refiere a la adaptación de la enseñanza y los recursos educativos a las necesidades, estilos de aprendizaje, intereses y ritmos individuales de cada estudiante, el aprendizaje personalizado busca maximizar el potencial de cada alumno y mejorar su experiencia de aprendizaje, es decir el aprendizaje personalizado es una metodología de Enseñanza-Aprendizaje que sitúa al estudiante en el centro del proceso educativo, teniendo en cuenta sus intereses, opciones personales y características individuales, favoreciendo así su motivación y siendo transformado en agente activo y protagonista en su propio aprendizaje.

Este enfoque busca adaptarse a las necesidades, habilidades e intereses de cada estudiante, brindando un plan de aprendizaje basado en lo que sabe y en cómo aprende. Se apoya en el uso de herramientas y tecnologías que permiten ajustar el ritmo, el enfoque y los materiales de aprendizaje a las necesidades de cada estudiante, ofreciendo una experiencia educativa más inclusiva y personalizada. El aprendizaje personalizado es un enfoque educativo que tiene el potencial de reducir el estigma de la educación especial y de equilibrar el enfoque en los déficits, centrándose en las fortalezas e intereses de cada estudiante

## Compromiso Estudiantil

Hace referencia a la participación activa, motivación y dedicación de los estudiantes en su proceso de aprendizaje. Un alto nivel de compromiso estudiantil se asocia comúnmente con mejores resultados académicos y una experiencia educativa más significativa y satisfactoria.

El compromiso estudiantil se refiere a la dedicación, esfuerzo y participación activa de los estudiantes en su proceso educativo. Este compromiso implica la energía en acción, donde los estudiantes dedican tiempo y esfuerzo a las actividades educativas para alcanzar sus metas académicas. Se compone de dimensiones afectivas, cognitivas, conductuales y de agencia, y se considera fundamental para evaluar el rendimiento y prevenir problemas como el bajo rendimiento, el aburrimiento, el fracaso y la deserción escolar

El compromiso estudiantil puede manifestarse a través de la participación activa en las actividades académicas, el respeto por las normas y reglas, la interacción positiva con los compañeros y el personal docente, y la percepción de la escuela como un lugar significativo en sus vidas. Además, el compromiso estudiantil se relaciona con la autodisciplina, la responsabilidad, la participación en clases, la comunicación efectiva y la búsqueda activa de oportunidades de aprendizaje



## METODOLOGÍA

### Tipo de investigación

La elección de un diseño de investigación cuantitativo se fundamenta en la necesidad de abordar la complejidad y la riqueza de la experiencia humana en el contexto del uso de *Chatbots* en la unidad de aprendizaje de Diseño de Plan de Vida en la UDG. El análisis de datos cuantitativos se centra en la cuantificación y la estadística, mientras que el análisis de datos cualitativos se enfoca en la comprensión profunda y contextualizada de los fenómenos estudiados.

### Métodos y técnicas de investigación

Encuestas como Instrumentos de Recolección de Datos. Las encuestas se utilizarán como herramienta para recopilar datos cuantitativos sobre la percepción y la experiencia de los estudiantes con respecto al uso de *Chatbots* en el aula de Diseño de Plan de Vida. Estas encuestas estarán diseñadas de manera que permitan la recopilación de datos objetivos y cuantificables sobre la efectividad, la utilidad percibida y la satisfacción de los estudiantes con el uso de *Chatbots*.

### Población y muestra

La población objetivo está compuesta por estudiantes inscritos en la unidad de aprendizaje de Diseño de Plan de Vida en la UDG, de las Preparatorias Vocacional, y Preparatoria 2, dado que la población puede ser numerosa y diversa, se seleccionará una muestra representativa de los distintos grupos de estudiantes para garantizar la validez y la generalización de los hallazgos. La población corresponde a 630 estudiantes de la Preparatoria Vocacional y 540 de la Preparatoria No. 2.

La muestra fue seleccionada de manera aleatoria para evitar sesgos en la selección y asegurar la representatividad de la población estudiantil de los alumnos de 5to semestre del bachillerato general por competencias quienes son los que llevan esa materia, de manera que el tamaño de la muestra se determinó por estratos, dado que se tienen subgrupos formados naturalmente (los grupos), a razón de la siguiente fórmula: 
$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde  $n$  = al tamaño de la muestra,  $N$  el tamaño de la Población que es un total de 1170 (630 de la Preparatoria Vocacional y 540 de Preparatoria No. 2),  $Z$  es el nivel de confianza que para esta investigación se ha determinado en 90%,  $e$  es igual a la precisión o error que corresponde al 6.1%,  $p$  = variable positiva de un 0.5% u  $p$  = variable negativa con un 0.5%. De manera que la muestra fue de 86 estudiantes de Preparatoria Vocacional y 73 de Preparatoria No. 2.

## Descripción del procedimiento

Se administraron encuestas tanto antes como después de la implementación de los *Chatbots* en el aula, lo que permitió no solo evaluar la percepción inicial de los estudiantes, sino identificar cambios y evoluciones en sus actitudes y opiniones a lo largo del tiempo. La encuesta inicial aplicada consta de 10 ítems de respuesta cerrada que giraron en torno a la identificación respecto a si los estudiantes han utilizado alguna inteligencia artificial, para qué la han utilizado y saber si han considerado las bondades de la IA en sus cursos.

La segunda encuesta se aplicó al finalizar el curso, con la finalidad de identificar, desde la perspectiva de los estudiantes, la utilidad y efectividad del *Chatbot*; el impacto en el aprendizaje y rendimiento académico; su experiencia y satisfacción; así como su motivación, participación y compromiso frente al curso y a su proceso del aprendizaje una vez utilizado el Boot. Esta encuesta se estructuró con 25 preguntas cerradas estructuradas en escala de Likert. Las cuatro categorías de análisis: la utilidad y efectividad del *Chatbot*; el impacto en el aprendizaje y rendimiento académico; su experiencia y satisfacción; así como su motivación, participación y compromiso frente al curso y a su proceso del aprendizaje una vez utilizado el Boot.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos cuantitativos recopilados a través de las encuestas fueron analizados mediante técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales, lo que permitió identificar patrones, tendencias y relaciones significativas entre las variables estudiadas.

La encuesta inicial se procesó a con Excel y bajo la estructura de la estadística descriptiva, dado que solo se aplicó a modo de sondeo. En cambio, el análisis de la encuesta final se llevó acabo con el Software SPSS, ya que de esta información es necesario trabajar con estadística descriptiva e inferencial.

La encuesta se aplicó a un total de 158 participantes, de los cuales el 46.8% fueron mujeres y el 53.8% hombres (Figura 1). La encuesta inicial se conformó de 10 preguntas cerradas en las que se sondeó respecto al uso que los y las estudiantes le han dado a la IA y si consideran que esta herramienta pueda optimizar su aprendizaje en los cursos.

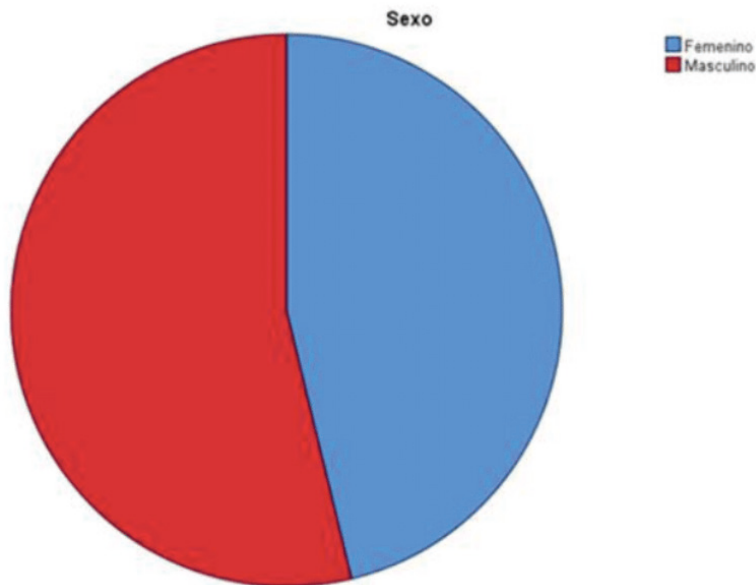


Figura 1: Sexo

Fuente: Creación propia

Los resultados revelan un panorama interesante sobre la percepción y el uso de la IA, cerca del 84% de las y los participantes ha interactuado con aplicaciones que incorporan IA en sus actividades diarias (Figura 2). Además, existe una clara tendencia positiva hacia la disposición de usar *Chatbots* en la orientación vocacional mediante, destacando la flexibilidad de los encuestados en adoptar nuevas tecnologías para este fin.

¿Has utilizado alguna aplicación o plataforma que incorpora Inteligencia Artificial en tu vida cotidiana?

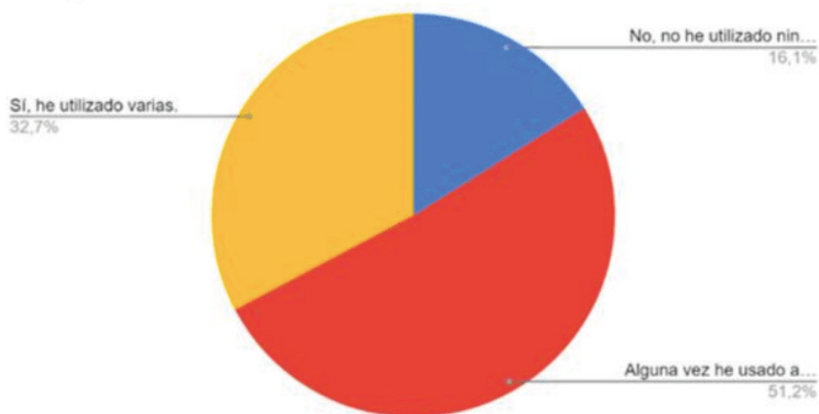


Figura 2: IA incorporada en la vida cotidiana

Fuente: Creación propia

Una vez concluido el curso se aplicó la encuesta final conformada por 25 preguntas cerradas estructuradas en escala de Likert. Para facilitar el análisis los ítems se agruparon en cuatro categorías de análisis: impacto en el aprendizaje y rendimiento académico (4 ítems); experiencia y satisfacción (4 ítems); motivación, participación y compromiso frente al curso y a su proceso del aprendizaje una vez utilizado el Boot (4 ítems); así como utilidad y efectividad del *Chatbot* (13 ítems).

Este análisis subraya la efectividad percibida del *Chatbot* Rita14 como una herramienta útil para mejorar el rendimiento estudiantil en el contexto específico de esta unidad académica.

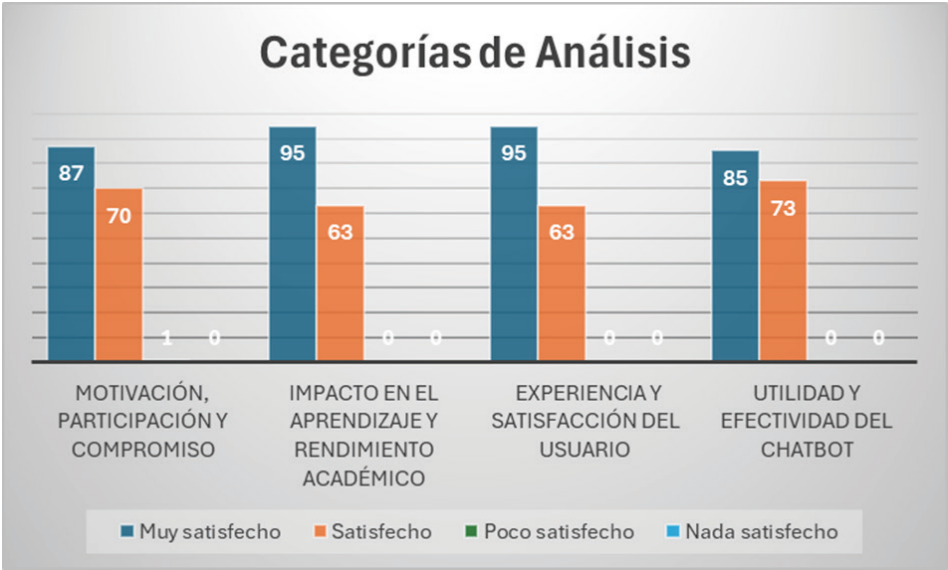


Figura 3: Comparativo de categorías de análisis

Fuente: Creación propia

En la figura 3 se presenta la comparación entre las categorías de análisis donde un 44.3% de los encuestados se consideraron satisfechos, mientras que un notable 55.1% lo valoraron como muy satisfechos respecto a la motivación, participación y compromiso facilitados por el *Chatbot* Rita14. En cuanto al impacto percibido en el aprendizaje y rendimiento académico se observa que un 60.1% de los encuestados evaluaron el impacto como Muy Bueno y un 39.9% lo calificaron como bueno.

En cambio, la percepción de la experiencia y satisfacción del usuario con el *Chatbot* Rita14 aproximadamente el 60% de los usuarios evaluaron la experiencia como Muy satisfactoria y alrededor del 40% como Satisfactoria. Finalmente, en la categoría de utilidad y efectividad del *Chatbot* Rita14, los resultados muestran que el 100% de los encuestados manifiesta una percepción favorable sobre la herramienta y la experiencia.

		Impacto en el Aprendizaje y Rendimiento Académico	Experiencia y Satisfacción del Usuario	Motivación, Participación y Compromiso	Utilidad y Efectividad del Chatbot
Número	Válido	158	158	158	158
	Perdidos	0	0	0	0
Desviación		.491	.491	.512	.500
Varianza		.241	.241	.262	.250

Tabla 1: Varianza y Desviación estándar

Fuente: Creación propia

Los estadísticos presentados en la tabla 1 resumen las respuestas de los estudiantes en cuatro áreas clave relacionadas con el uso del *Chatbot* Rita14 en la unidad de aprendizaje de Diseño de plan de vida. Proporcionan una medida de la dispersión y la variabilidad de las respuestas de los estudiantes en cada una de las categorías evaluadas, indicando un análisis detallado sobre cómo el *Chatbot* Rita14 impactó en el aprendizaje, la satisfacción del usuario, la motivación, la participación, el compromiso, así como su utilidad y efectividad en la unidad de aprendizaje de diseño de plan de vida.

## CONCLUSIÓN

Los resultados de la encuesta inicial revelan un panorama interesante sobre la percepción y el uso de la inteligencia artificial entre los estudiantes encuestados. La mayoría de los participantes están familiarizados con el término “Inteligencia Artificial”, y una proporción significativa ha interactuado con aplicaciones que incorporan IA en sus actividades diarias. Además, existe una clara tendencia positiva hacia el potencial de la IA para mejorar el aprendizaje y el desarrollo académico, con una mayoría que considera beneficioso utilizar estas herramientas en el contexto educativo.

Asimismo, la disposición hacia la orientación vocacional mediante chat bots muestra una aceptación considerable, destacando la flexibilidad de los encuestados en adoptar nuevas tecnologías para este fin. Estos hallazgos sugieren un ambiente propicio para la integración de la inteligencia artificial en el ámbito educativo, aunque también subrayan la necesidad de considerar las preferencias individuales en cuanto al tipo de asistencia que prefieren recibir.

En cuanto a los resultados obtenidos a partir del análisis de la encuesta final, se considera que proporcionan una visión integral sobre la percepción y el impacto del *Chatbot* Rita14 en la unidad de aprendizaje de Diseño de Plan de Vida. En términos generales, los datos revelan que la mayoría de los estudiantes valoran positivamente la utilidad y efectividad del *Chatbot* en diversas dimensiones educativas. Por ejemplo, se observa que una proporción significativa de estudiantes considera que el *Chatbot* ha sido muy útil para resolver dudas específicas sobre el diseño de su plan de vida y ha contribuido

a su autoconocimiento y reflexión personal. Además, muchos estudiantes expresan haber experimentado un aumento en la participación y el compromiso en las actividades académicas debido al uso del *Chatbot*.

La satisfacción general con la interacción y facilidad de uso del *Chatbot* también es notable, reflejando altos niveles de satisfacción entre los usuarios. A pesar de algunos comentarios sobre la integración con otros recursos educativos y la claridad en el proceso de implementación, la mayoría de los estudiantes considera que la inclusión del *Chatbot* Rita14 ha sido una iniciativa innovadora y valiosa para la unidad de aprendizaje. Estos hallazgos subrayan la importancia de la tecnología en el entorno educativo actual y destacan el potencial del *Chatbot* como una herramienta efectiva para apoyar el aprendizaje personalizado y la planificación académica y profesional de los estudiantes.

Por lo tanto, el uso del *Chatbot* se considera una herramienta didáctica efectiva en el proceso de enseñanza aprendizaje, puesto que ha demostrado una contribución positiva en el desempeño académico con un alto impacto en su utilidad y efectividad, pues los participantes consideran que mejoró la calidad de la enseñanza, su rendimiento, pues los encuestados indicaron que el uso del *Chatbot* aumentó significativamente su participación subrayando la efectividad del *Chatbot* Rita14 en motivar y mejorar la implicación de las y los estudiantes durante el desarrollo de la unidad de aprendizaje, lo que impactó en su compromiso con respecto al proceso de aprendizaje

## REFERENCIAS

Arbañil Rivadeneira, R.; Manrique Chávez, Z.; Ecos Espino, A.; Quispe de la Torre, D.; Ore Cabrera, F. y Amaya Amaya, K. (2023). *Tecnología educativa para desarrollar la metodología STEAM*. Editorial Mar Caribe de Josefrank Pernalet Lugo

Ayuso-del Puerto, D. y Gutiérrez-Esteban, P. (2022). La Inteligencia Artificial como recurso educativo durante la formación inicial del profesorado. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 25(2), 347-358. <https://doi.org/10.5944/ried.25.2.32332>

Biswas, S. (2023). Role of Chat GPT in Education. *J of ENT Surgery Research*, 1(1),01-03. [https://www.researchgate.net/publication/367613715\\_How\\_Chat\\_GPT\\_Can\\_Transform\\_Autodidactic\\_Experiences\\_and\\_Open\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/367613715_How_Chat_GPT_Can_Transform_Autodidactic_Experiences_and_Open_Education)

Bronfenbrenner, U. (2011). *The ecology of human development: Experiments by nature and design*. Harvard University Press. [https://khoerulanwarbk.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/08/urie\\_bronfenbrenner\\_the\\_ecology\\_of\\_human\\_developbokos-z1.pdf](https://khoerulanwarbk.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/08/urie_bronfenbrenner_the_ecology_of_human_developbokos-z1.pdf)

Cueva Gaibor, D. A. (2020). La tecnología educativa en tiempos de crisis. *Revista Conrado*, 16(74), 341-348

Del Campo, G., Villota, W., Andrade, E., y Montero, Y. (2023). Análisis bibliométrico sobre estudios de la neurociencia, la inteligencia artificial y la robótica: énfasis en las tecnologías disruptivas en educación. *Salud, Ciencia y Tecnología*, 3, (362), 1-13. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023362>

Fundación UNAM. (2019). *La evolución de la inteligencia artificial*. Blog. [UNAM al día]. <https://www.fundacionunam.org.mx/unam-al-dia/la-evolucion-de-la-inteligencia-artificial/>

Gómez Hernández, A., Prieto Mendoza, L. N., & Rodríguez Benítez, M. del R. (2015). *Diseño de plan de vida*. Universidad de Guadalajara. <https://editorial.udg.mx/gpd-diseno-de-plan-de-vida.html>

Hill-Yardin, E. L., Hutchinson, M. R. y Spencer, S. J. (2023, May). A Chat (GPT) about the future of scientific publishing. *Brain, Behavior, and Immunity* 110, 152-154. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889159123000533?via%3Dihub>

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2013). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107. <https://doi.org/10.1080/004615207012633688>

Johnson, L., Adams Becker, S., & Cummins, M. (2017). *NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition*. New Media Consortium.

Prensky, M. (2001). Nativos e Inmigrantes Digitales Adaptación al castellano del texto original Digital Natives, Digital Immigrants. *Horizon*, 9(5), 1-6.

Sanabria-Navarro, J.R., Silveira-Pérez, Y. Pérez-Bravo, D. y Cortina-Núñez, M.J. (2023, enero 10). Incidencias de la inteligencia artificial en la educación contemporánea. *COMUNICAR*, 77 (XXXI), 97-107.

Siemens, G. (2004). Conectivismo: Una teoría de aprendizaje para la era digital. <https://skat.ihmc.us/rid=1J134XMRS-1ZNYT4-13CN/George%20Siemens%20-%20Conectivismo%20una%20teor%C3%ADa%20de%20aprendizaje%20para%20la%20era%20digital.pdf>

Super, D. E. (2012). *Career development and planning: A comprehensive approach*. Pearson. <https://study.com/learn/lesson/supers-stages-occupational-development-theory-purpose-steps.html>

Universidad de Guadalajara. (2015). *Programas de las Unidades de Aprendizaje de Ciencias naturales y de la salud*. [https://www.sems.udg.mx/sites/default/files/bgc/taes\\_actualizadas/naturales\\_y\\_salud\\_con\\_anexo\\_v03.pdf](https://www.sems.udg.mx/sites/default/files/bgc/taes_actualizadas/naturales_y_salud_con_anexo_v03.pdf)

# ISOMERIA ÓPTICA: UMA ABORDAGEM NO ENSINO MÉDIO

*Data de submissão: 10/02/2025*

*Data de aceite: 05/03/2025*

**Adriana Araujo de Souza**

## INTRODUÇÃO

Construir o conhecimento científico ou formar o pensamento químico em torno do estudo dos isômeros ópticos, especificamente em alunos do Ensino Médio é algo desafiador, uma vez que a construção desta aprendizagem exige do professor o desenvolvimento de métodos e ferramentas capazes de proporcionar aos alunos aprenderem e visualizarem a importância do estudo do mundo microscópico que permeia os isômeros ópticos para entender a sua presença na natureza e o seu uso na sociedade.

O estudo da isomeria, em particular dos isômeros ópticos, surgiu a partir da descoberta de uma série de substâncias de mesma fórmula molecular, sendo que a sua importância é tão significativa, que passou a existir na Química Orgânica uma subdivisão: a Estereoquímica, com o objetivo de estudar as diversas

possibilidades de arranjo espacial das moléculas e suas consequências. (BAGATIN, et al, 2005).

Para Bagatin et al (p. 1, 2005), o que mais chama a atenção quando se estuda isômeros ópticos é o fato de que as “[...] moléculas cujos arranjos espaciais dos átomos apresentam-se de tal modo que suas estruturas são relacionadas entre si como imagem uma da outra refletida num espelho não sendo sobreponíveis”.

Além dessa característica, os isômeros ópticos enquanto substância opticamente ativa, compõe o funcionamento dos seres vivos através de mecanismos de ação enzimática, marcando presença não só nas propriedades organolépticas, mas também em outros organismos vivos existentes na natureza e na composição da atividade farmacológica dos fármacos. Sobre esse tema, Louis Pasteur apud BARBOSA, (p.145, 2004) escreveu: “A vida como se nos manifesta é uma função da assimetria do universo e da consequência desse fato”.



Diante dessas observações, fica evidente que o estudo dos isômeros ópticos permite uma abordagem sob diferentes enfoques, uma vez que esse tipo de isomeria está relacionado diretamente aos enantiômeros onde é através destes que a Estereoquímica procura explicar as várias manifestações da quiralidade na natureza, seja nos organismos vivos, nos objetos ou fármacos; assim, a compreensão da quiralidade envolve a questão do surgimento e da evolução da vida, o que pressupõe sua presença no planeta primitivo antes dos organismos auto-reprodutíveis existirem, onde a compreensão desse contexto resultou em uma Estereoquímica e uma Física da organização molecular da vida; em outras palavras, pode-se dizer que a sua aprendizagem representa a compreensão do mundo macroscópico por meio do mundo microscópico, o que a torna inseparável das demais ciências. (SOLOMONS, 2001).

Diante dessa relevância, é que este trabalho é pensando e desenvolvido, com o intuito de aplicar essa ideia para alunos do 3º ano do Ensino Médio da Educação Básica, norteando a seguinte pergunta: como abordar o ensino dos isômeros ópticos a alunos do 3º ano do Ensino Médio da Educação Básica, uma vez que este estudo permeia o mundo microscópico para explicar o mundo macroscópico?

Buscando respostas para essa questão instigante, realizou-se uma revisão de literatura e a partir dela, a elaboração de proposta didática de ensino, visando o favorecimento da aprendizagem dos conceitos da isomeria óptica e a análise da sua fórmula estrutural.

As competências gerais a serem desenvolvidas neste processo de ensino e aprendizagem, dizem respeito aos domínios da representação e comunicação, o qual envolve a leitura e interpretação de códigos, nomenclaturas e textos próprios da isomeria óptica, além da investigação e compreensão por meio do uso experimentos, conceitos, leis, modelos envolvendo procedimentos científicos associados a esse conteúdo e a contextualização sócio-cultural, ou seja, a inserção deste conhecimento nos diferentes setores da sociedade, suas relações com aspectos políticos, econômicos e sociais de cada época e com a tecnologia e cultura contemporâneas. (BRASIL, 2007a).

A investigação no ensino de Química, envolve a elaboração de aulas experimentais, a qual é:

Uma das ferramentas que traz muitos benefícios aos alunos é a participação de experimentos em laboratório, pois é uma maneira mais "concreta" de se entrar em contato com a teoria ensinada em sala de aula. [...] Em conjunto com os experimentos tradicionais da química orgânica, a inserção de experimentos rápidos, de fácil compreensão e próximos do cotidiano, mesmo sendo interdisciplinares, pode proporcionar ao aluno maior participação e maior reflexão sobre aquilo que ele está fazendo no laboratório. (NAVARRO et al, p. 3, 2005).

Sobre essa necessidade de investigação que permeia o ensino da Química, Oberto (2001?, p. ) comenta:

[...] pensamos que em sala de aula o conhecimento químico precisa ter uma maior interação com os conhecimentos cotidianos dos alunos (as). Através desta interação é que os conhecimentos científicos irão adquirir significações e real existência no mundo.

Neste sentido, Maldaner e Piedade (p. 17, 1995), comentam que é necessário o professor buscar desenvolver uma abordagem que permita a aquisição cognitiva de conceitos científicos pelos alunos, para tal é preciso que na “formação do pensamento químico usam-se esses conceitos cotidianos para avançar em direção a abstração necessária na formação dos conceitos químicos”.

Assim, para construir um conhecimento químico em torno do estudo da isomeria óptica é preciso levar em consideração a sua importância para o conhecimento humano, como também a função que lhe é atribuída diante da perspectiva encontrada no contexto escolar, onde a ciência é uma linguagem e o aluno precisa ser alfabetizado cientificamente na linguagem que inter-relaciona com escrita da natureza. (CHASSOT, 2003).

Perante essa análise, procurou-se desenvolver uma proposta didática de acordo com os PCNs levando aos alunos um conteúdo que possibilite uma abordagem de conceitos, fatos e princípios, visando um aprendizado que esteja diretamente ligado ao saber fazer e ao aprender conceitos, o que permite atribuir conceitos aos que já foram aprendidos como também estabelecer a sua relação com outros conteúdos. (PILETTI, 1999).

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GERAL

Proporcionar aos alunos do 3º ano do Ensino Médio da Educação Básica uma percepção da importância do mundo microscópico para explicar e compreender o mundo macroscópico por meio da elaboração de uma proposta didática com base na revisão bibliográfica do conteúdo isomeria óptica realizada neste trabalho, levando-os a desenvolver um pensamento químico construtivo no que diz respeito ao saber científico que permeia os conceitos característicos do ramo da Química Orgânica: a Estereoquímica.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar uma proposta didática com base na revisão bibliográfica deste trabalho, para abordar o conceitos envolvendo o estudo dos isômeros ópticos a alunos do 3º ano do Ensino Médio da Educação Básica;
- Despertar o interesse dos alunos para o estudo do mundo microscópico que envolvem as estruturas de substâncias ópticas através de práticas experimentais;
- Contextualizar a importância da isomeria óptica através de fatos cotidianos que a envolve;

- Tratar a isomeria óptica como um fenômeno químico (mundo microscópico) presente no nosso meio (mundo Macroscópico);
- Reconhecer a importância da isomeria óptica na natureza, para as várias atividades químicas e o seu uso a favor da sociedade;
- Verificar ao final da abordagem por meio de questões, a aprendizagem dos alunos.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### CONHECIMENTO QUÍMICO E O ENSINO

O Conhecimento químico, de acordo com Chassot (1995), possibilita às pessoas uma diferente leitura do mundo tornando possível a sua atuação específica na natureza, modificando-a.

É diante desse pensamento que o trabalho intitulado “Isômeros Ópticos: Uma Abordagem no Ensino Médio” é desenvolvido e abordado, procurando mostrar que esse contexto faz parte da bagagem do conhecimento prévio dos alunos e está relacionado direta e indiretamente à sua vivência permitindo uma melhor compreensão dos conceitos químicos que envolvem o seu estudo. (MALDANER; PIEDADE, 1995).

Essa forma de aprendizagem é possível através do conhecimento da linguagem química, pois ela é a ponte entre o conhecimento e a interpretação a qual o aluno adquire ao longo do processo ensino-aprendizagem. Segundo Vygotski (1978) apud Maldaner e Piedade (p. 16, 1995): “As palavras exercem a função de conceitos e podem servir como meio de comunicação muito antes de atingirem o nível de conceitos, característico do pensamento plenamente desenvolvido”.

Portanto, é diante dessas considerações que permeiam a importância significativa da construção de conceitos para a aprendizagem da Química e conseqüentemente da subdivisão da Química Orgânica, a Estereoquímica, que surgiu à necessidade de apresentar aos alunos o quanto é fundamental entender as estruturas moleculares, a qual traz consigo uma nova linguagem, a fim de estudar as diversas possibilidades de arranjo espacial das moléculas e suas conseqüências. (BRASIL, 2007b) (BAGATIN, et al, 2005).

Diante deste contexto, torna-se necessário fazer uma análise das propriedades do carbono que envolve a Teoria Tetraédrica, para obter um entendimento mais significativo dos aspectos que envolvem a isomeria óptica no campo da Química Orgânica.

## O ELEMENTO CARBONO E SUA A IMPORTÂNCIA PARA NOSSA EXISTÊNCIA

A palavra carbono vem do latim *carbo*, (*carbone*, em francês) e foi o nome dado por Lavoisier em 1789 para uma de suas formas alotrópicas: o carvão. (PEIXOTO, 1997). O carbono é um elemento químico que se encontra ligado diretamente a nossa existência, pois os compostos por ele formados fazem parte da origem da vida e são essenciais para o desenvolvimento da mesma, estando presentes não só em nossos alimentos, mas também nas reações que produzem energia para o nosso corpo e em cada parte da nossa estrutura corporal. (VIEIRA, 1996).

Devido a sua singularidade, o carbono tornou-se à base da Química Orgânica, destacando-se entre os elementos conhecidos pela sua capacidade de se ligar com quatro elementos diferentes ou a outros átomos de carbono para formar ligações do tipo carbono-carbono com grandes moléculas de cadeias extensas e com estrutura tridimensional complexas. (ALLINGER, 1976). O segredo de tal performance está na análise da sua estrutura atômica, uma vez que essa capacidade de estabelecer ligações químicas, pode criar um número praticamente ilimitado de fórmulas. (VIEIRA, 1996) (KORTZ; TREICHEL, 2002).

Diante desta particularidade apresentada pelo carbono, em 1861 Kekulé deu a Química Orgânica sua definição moderna: **um estudo de compostos de carbono**. (SOLOMONS, 2001, grifo do autor).

De acordo com Chassot (1996), a ideia de construção de modelos, isto é, imaginar átomos, deve-se a necessidade de facilitar nossa influência mútua com essas entidades modeladas, a fim de interferir ou fazer previsões quanto às suas propriedades, porém, muitas vezes nos encontramos limitados quando estamos interagindo com a natureza a ponto de não conseguirmos fazer imagens dos átomos.

Para Giordan (p.48, 1999),

Não há como estabelecer correspondências diretas entre modelos concretos de estrutura molecular e as propriedades moleculares tratadas na educação básica, o que não significa que tenhamos que abandonar prematuramente essa proposta e nos rendermos ao nomenclaturismo predominante nas estratégias de ensino dessa disciplina.

No entanto, Tostes (p. 17, 1998) traz uma concepção diferente, pois para ele:

O químico vem, nesse mesmo período, identificando química com estrutura molecular. O químico é como que um profissional das moléculas, e quando "pensa" nelas ele tem como objeto um arranjo tridimensional muito bem definido dos átomos que constituem cada molécula em particular no espaço. [...] Nesse arranjo ou geometria privilegiada de cada molécula os átomos constituintes permanecem praticamente sem deformações em relação a sua estrutura original quando ainda não ligados. Apesar de todos os avanços da química teórica é exatamente isso que permite ao químico, essencialmente, manter o modelo tradicional da estrutura molecular como arranjo tridimensional dos átomos constituintes.

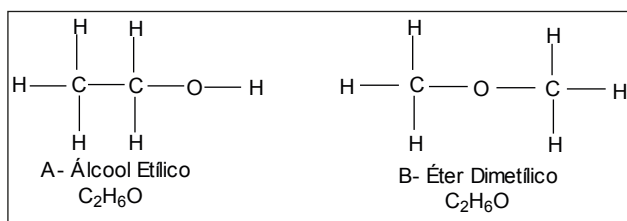
Assim, conhecer a estrutura dos compostos através do arranjo dos átomos nas moléculas orgânicas, torna-se relevante uma vez que pesquisando essa questão por meio de estudos físicos, químicos e teóricos podemos obter informações mais específicas quanto as possíveis ações diferenciadas dessas estruturas sobre o organismo vivo.. (MORRISON, 1996).

## A TEORIA ESTRUTURAL: LIGAÇÕES E ESTRUTURA TRIDIMENSIONAL DO CARBONO

O estudo da estrutura das moléculas, permeia a isomeria óptica, a qual está presente desde a nossa imagem no espelho até as substâncias mais complexas visíveis ou não. Sobre o estudo das estruturas das moléculas, Tostes (p. 17, 1998) comenta que: “A ciência Química, ao menos nos cem últimos anos, desenvolveu-se em torno de um grande e fundamental conceito unificador: a estrutura molecular”.

Desde o século XIX, os químicos já sabiam que o arranjo dos átomos mesmo em moléculas pequenas pode ser muito complexo, uma vez que cada composto formado apresenta seu conjunto característico de propriedades físicas e químicas, e que devido a essa complexidade, descobrir como se encontram dispostos esses átomos nas moléculas, ou seja, como determinar a estrutura dos compostos, tem sido um dos problemas fundamentais da Química Orgânica, principalmente quando se trata de isômeros ópticos que apresentam a mesma fórmula molecular, porém possuem geometrias diferentes, o que envolve diferentes compostos, o que torna necessário expressar de forma clara a estrutura tridimensional e os grupos funcionais, já que é esse conjunto que determinam a função biológica da molécula. (ALLINGER, 1976) (SOLOMONS, 2001).

Mesmo sabendo que o álcool etílico (componente das bebidas alcoólicas) e o éter dimetílico (gás) possuem a mesma fórmula molecular ( $C_2H_6O$ ) e que a diferença de função estava no modo como os átomos encontravam-se ligados, ou seja, nas estruturas das moléculas, ainda observava-se no século XIX uma grande dificuldade em estudar tais estruturas, uma vez que a única maneira que dispunham eram as reações químicas as quais causavam mudanças desconhecidas nas estruturas dessas moléculas. (ALLINGER, 1976).



**Figura 1:** Representação Estrutural e Molecular do Álcool etílico e do Éter Dimetílico.

Fonte: Compilado pela autora, 2007.

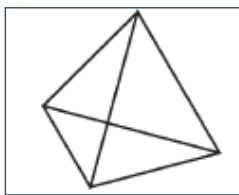
A explicação das diferenças estruturais das moléculas que apresentavam a mesma fórmula molecular surgiu em 1858, quando Kekulé e Couper resolveram esse problema com a Teoria Estrutural. Segundo essa Teoria, dentre todos os compostos orgânicos, o carbono é o único que é tetravalente, ou seja, possui quatro “unidades de afinidades” e, portanto, ele sempre irá fazer quatro ligações quando se juntar a outros elementos para formar compostos estáveis, devido a sua capacidade de formar um número de ligações fixas, a qual é medida pela valência. (MC MURRY, 2005) (SOLOMONS, 2001).

Passado algum tempo, segundo Emil Erlenmeyer, essa ideia foi ampliada para incluir a probabilidade de ligações múltiplas entre os átomos de carbono onde haveria uma ligação tripla para o acetileno e uma ligação dupla para o etileno de acordo com Alexander Crum Brow. (MC MURRY, 2005).

Assim, a Teoria Estrutural tornou-se uma das Teorias mais fundamentais na Química Orgânica, já que foi a partir dela que se implantaram e especificaram as regras gerais das ligações de valências como também a representação feita através de desenhos simbólicos dos grupos de átomos ligados entre si nas moléculas.

De acordo com Solomons (2001), a Teoria Tetraédrica do carbono postulada por Van't Hoff e Le Bel baseava-se na prova do número de isômeros e afirmava que as quatro ligações de carbono não estão orientadas ao acaso, mas tem uma direção espacial específica, adicionando a essas ideias a terceira dimensão, ou melhor dizendo, a Química Orgânica deixou de ser vista de um modo bidimensional para ser estudada a partir de uma visão tridimensional.

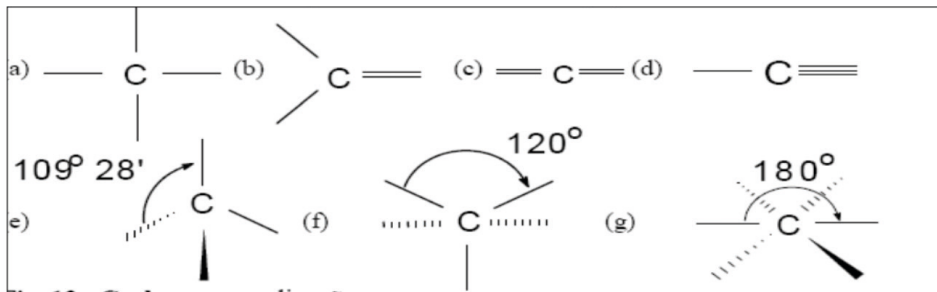
Segundo Mc Murry (p.8, 2005), foi com estes estudos que descobriu-se que o átomo de carbono é tetraédrico, pois “os átomos aos quais o carbono se liga situam-se nos vértices de um tetraedro regular, estando o carbono ao centro”.



**Figura 2:** Representação do Arranjo Tetraédrico das Moléculas de Carbono.

Fonte: COELHO, 2001.

Além da ligação predominante entre os átomos de carbono presente nos compostos orgânicos ser a covalente, dentre outras características importantes que envolvem esses compostos contendo carbono esta o fato das moléculas possuírem geometrias diferentes- através do número e da diversidade de modos com que formam ligações com outros elementos-, a força de ligação entre o carbono e outros elementos- o fato de que a maioria das reações dos compostos de carbono é lenta (estabilidade cinética)- e a capacidade de formar uma ligação simples, uma ligação dupla ou uma ligação tripla. (KORTZ; TREICHEL, 2002) (MC MURRY, 2005).



**Figura 3:** Carbono e suas Ligações.

Fonte: VIEIRA, 1996.

Em 1823 nascia o conceito de isomerismo, quando Berzelius propôs que substâncias de mesma composição, ou seja, de mesma fórmula molecular, mas que apresentassem diferentes propriedades e que não se convertem uma na outra, fossem chamadas de isoméricas, do grego (*isomerhiz*) que significa composto de partes iguais. (QUEIROZ; BATISTA, 1998) (SOLOMONS, 2001).

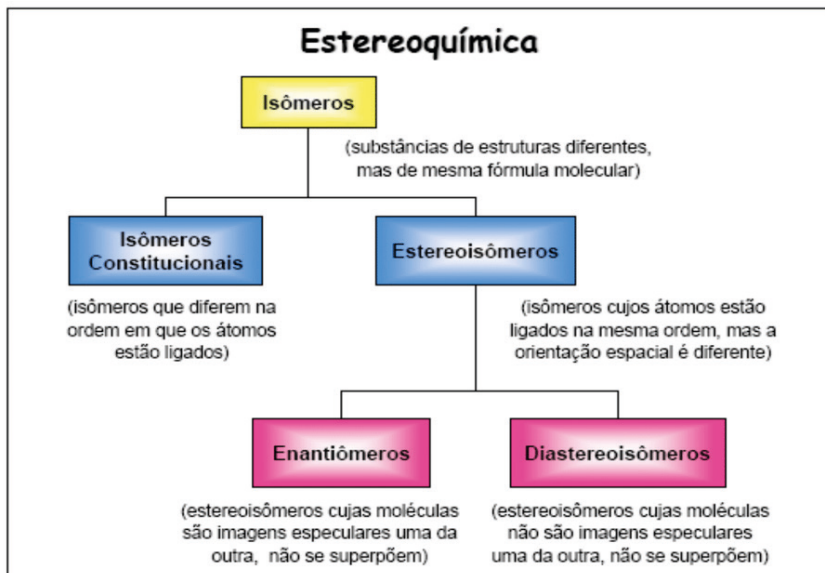
Devido à importância em perceber a relação entre as estruturas e suas propriedades, a Química Orgânica ganhou uma subdivisão: a Estereoquímica (Grego: *stereos* = sólido) a qual é a parte da Química que se preocupa em estudar a estrutura nas suas relações tridimensionais. (MORRISON, 1996). Embora o isomerismo possa ser dividido em vários tipos, pode-se afirmar que existem apenas duas formas básicas: Isomerismo Estrutural e Estereoisomerismo. (QUEIROZ; BATISTA, 1998). No desenvolver deste estudo, nos deteremos ao Estereoisomerismo.

O Estereoisomerismo trouxe consigo uma nova linguagem, a qual é concebida como meio de transmissão de significados que assimila e decodifica a mensagem transmitida reforçando a concepção do processo ensino-aprendizagem como transmissão-recepção por meio do processo de conhecimento como produção simbólica e material que se estabelece na dinâmica das comunicações entre as pessoas. (MACHADO, MOURA, 1995).

Tendo ciência que o uso de termos científicos constitui o cotidiano dos professores de Química, faz-se necessário que este se aproprie deste conhecimento, a fim de desenvolver através da linguagem dos isômeros ópticos a atividade cognitiva dos alunos.

## O ESTEREOISOMERISMO E O SURGIMENTO DE CONCEITOS QUÍMICOS ESPECÍFICOS

Os estereoisômeros são isômeros que apresentam dois ou mais compostos com a mesma fórmula empírica e a mesma sequência de ligação átomo a átomo diferindo no seu arranjo espacial, sendo subdividido em isomerismo geométrico (diastereômeros) e em isomerismo óptico (enantiômeros ou antípodas ópticas ou enantiomorfos). (QUEIROZ; BATISTA, 1998) (COELHO, 2001). Essa subdivisão dos isômeros ópticos é assim organizado na figura a baixo:



**Figura 4:** Subdivisão dos Isômeros.

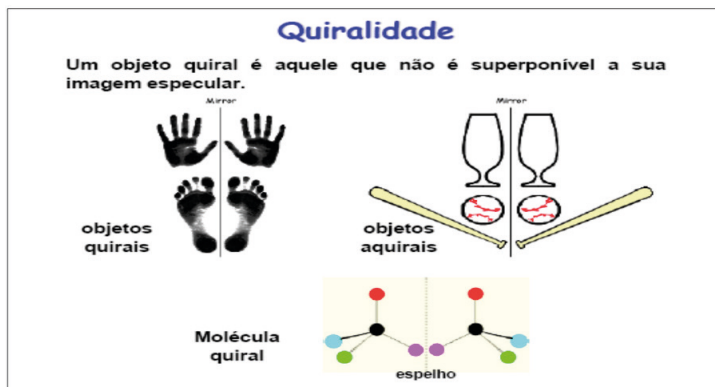
Fonte: SOLOMONS, 2001.

Os enantiômeros diferem apenas no arranjo de seus átomos nas moléculas, as quais são imagem especular uma da outra que não se superpõem, sendo que esta relação objeto-imagem serve para explicar a quiralidade, a qual encontra-se presente na natureza, pois grande parte dos compostos biologicamente importantes, possui pares desses isômeros, onde as diferenças de estrutura são tão pequenas, que pode acontecer que um deles tenha utilidade para uso humano enquanto que a outra pode ser totalmente inútil ou prejudicial. (MORRISON, 1996) (SOLOMONS, 2001) (VOLLHARDT; SCHORE, 2004).

Segundo Kelvin (1893) apud Morisson (1996) quiralidade ou quiral é uma propriedade geométrica característica de objetos e/ou moléculas que estabelece relação entre a figura e a respectiva imagem num espelho plano realizada mentalmente. O termo quiralidade vem justamente da palavra mão que em grego significa *cheir*, o qual foi sugerido em 1964, por Cahn, Ingol e Prelog com o mesmo sentido que Kelvin havia lhes dado para substituir os termos usados na literatura química “assimétrico” e “assimetria”, porém ainda encontra-se algumas literaturas com esses termos. (MORRISON, 1996).

Esses objetos quirais (incluindo moléculas) possuem um lado esquerdo e outro direito (lateralidade), o que torna clara a percepção da quiralidade. (ALLINGER, 1976), (MORISSON, 1996) (SOLOMOS, 2001). Os exemplos trazidos na figura abaixo, ilustram bem esta ideia:





**Figura 5:** Representação da Quiralidade.

Fonte: NASCIMENTO, 2007.

Como as propriedades físicas solubilidade, ponto de fusão, entre outras, são idênticas para ambos os enantiômeros presentes na molécula quiral, os químicos encontraram dificuldades em estudar o comportamento diferente de tais moléculas, até que estudando o seu comportamento em relação à luz plano-polarizada, eles descobriram uma propriedade característica dessas moléculas quirais: a sua capacidade de desviar o plano de propagação da luz plano-polarizada, denominando-os de isômeros ópticos, o que evidencia a relação entre quiralidade, enantiômeros e isômeros ópticos, mas ambos determinam situações diferentes em torno do estudo desses estereoisômeros. (SOLOMOS, 2001) (MORRISON, 1996) (ALLINGER, 1976).

Segundo Matos (p. 20, 1996), esses conceitos não são bem colocados nos livros didáticos do Ensino Médio:

É errado considerar a isomeria óptica e enantiômeros a mesma coisa, pois segundo ele o termo isomeria óptica sugere o comportamento de uma molécula frente um agente externo, enquanto que o termo enantiômeros serve para explicar a quiralidade molecular a partir das características da estrutura da molécula.

A sobreposição molecular num espelho plano pode ser melhor compreendido, observando as representações tridimensionais dos enantiômeros de 2-butanol (ou álcool séc-butílico) na figura 7, onde é fácil perceber que elas são a imagem uma da outra, porém não são sobreponíveis, são portanto, isômeros ópticos que apresentam propriedades enantioméricas:



**Figura 6:** Estrutura Tridimensional dos dois Enantiômeros do 2-Butanol.

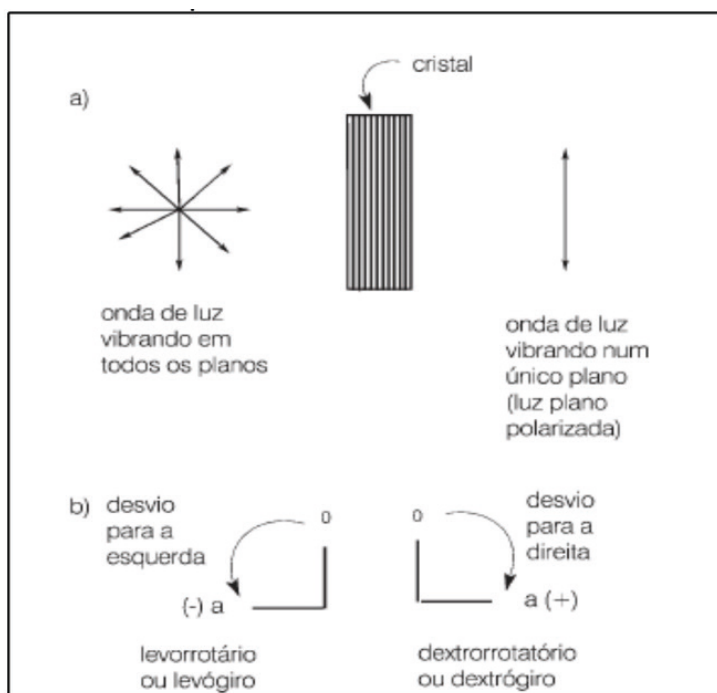
Fonte: Compilado pela Autora, 2007.

A fim de entender o comportamento diferente dos enantiômeros quando interagem com as moléculas que não podem sobrepor às respectivas imagens num espelho plano, ou seja, com outras moléculas quirais, os químicos orgânicos passaram a estudá-los observando o seu comportamento em relação à luz plano-polarizada. (SOLOMOS, 2001).

## A ISOMERIA ÓPTICA E O ESTUDO DO SEU COMPORTAMENTO

Em 1815, o físico Jean-Baptiste Biot descobre a atividade óptica, a qual é a interação de uma substância a nível molecular com a luz plano-polarizada e pode ser observada através da quiralidade: a não sobreposição de certas moléculas e as respectivas imagens em espelho plano onde o encontro destas dependem da sua orientação no momento em que se encontram no caminho do feixe de luz e são esses encontros entre moléculas-luz que produzem as rotações as quais irão determinar se a atividade será opticamente ativa ou inativa. (MORRISON, 1996) (SOLOMONS, 2001).

Esse feixe de luz viaja no espaço vibrando em vários planos, mas quando é submetida a um cristal especial, existente no polarímetro, ela passa a vibrar em um único plano, o qual sofrerá um desvio quando encontrar a substância opticamente ativa como mostra o esquema da figura abaixo:



**Figura 11:** a. Polarização da Onda de Luz em um Polarímetro; b. Desvio do Plano da Luz Polarizada Ocasionada por um Enantiômero.

Fonte: COELHO, 2001.

É conhecido pelos cientistas que a luz é um fenômeno eletromagnético, ou seja, um fenômeno onde um feixe de luz ordinária consiste em dois campos: um elétrico e um magnético, os quais oscilam simultaneamente em todos os planos perpendiculares a direção da propagação. (VOLLHARDT; SCHORE, 2004).

Para observar a oscilação da luz ordinária em um único plano, usa-se um polarímetro, o qual contém um material denominado polarizador (prisma de Nicol) e interage com a luz de modo que tanto o campo elétrico da luz que emerge do polarizador quanto o campo magnético perpendicular a ele, passarão a oscilar apenas num destes possíveis planos, ocasionando na luz plano-polarizada ou luz planipolarizada. (MORRISON, 1996).

As figuras abaixo representam modelos de como ocorre a propagação de um feixe de luz:

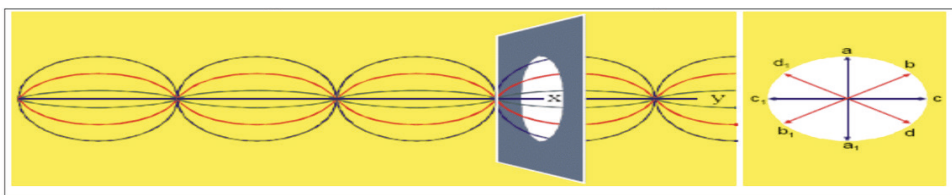


Figura 7: Luz Ordinária e suas Vibrações.

Fonte: NACIR. Química 1- Apostila Completa: Capítulo 4- Isomeria. 2005-2006. Disponível em: <<http://www.dequi.eel.usp.br/~croa/apostilas/apos4-5.pdf>>. Acesso em: 4 jan 2007.



Figura 8: Oscilação da Luz em Vários Planos (fig. A) e em um Único Plano (fig. B).

Fonte: Compilado pela Autora, 2007.

O efeito da luz plano-polarizada sobre compostos opticamente ativos, produz a rotação da luz polarizada, no polarímetro, o qual tem suas principais peças descritas por Solomons (2001) e Morrison (1996) como se segue abaixo:

- 1) uma fonte de luz (geralmente uma lâmpada de sódio);
- 2) um polarizador (lentes polaróides ou de prisma de Nicol - dois blocos de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) em determinada forma cristalina;
- 3) um tubo para colocar a substância opticamente ativa (ou solução) no feixe de luz;
- 4) um analisador (o qual é considerado um outro polarizador);
- 5) uma escala para medir o número de graus que o plano de luz polarizada girou.

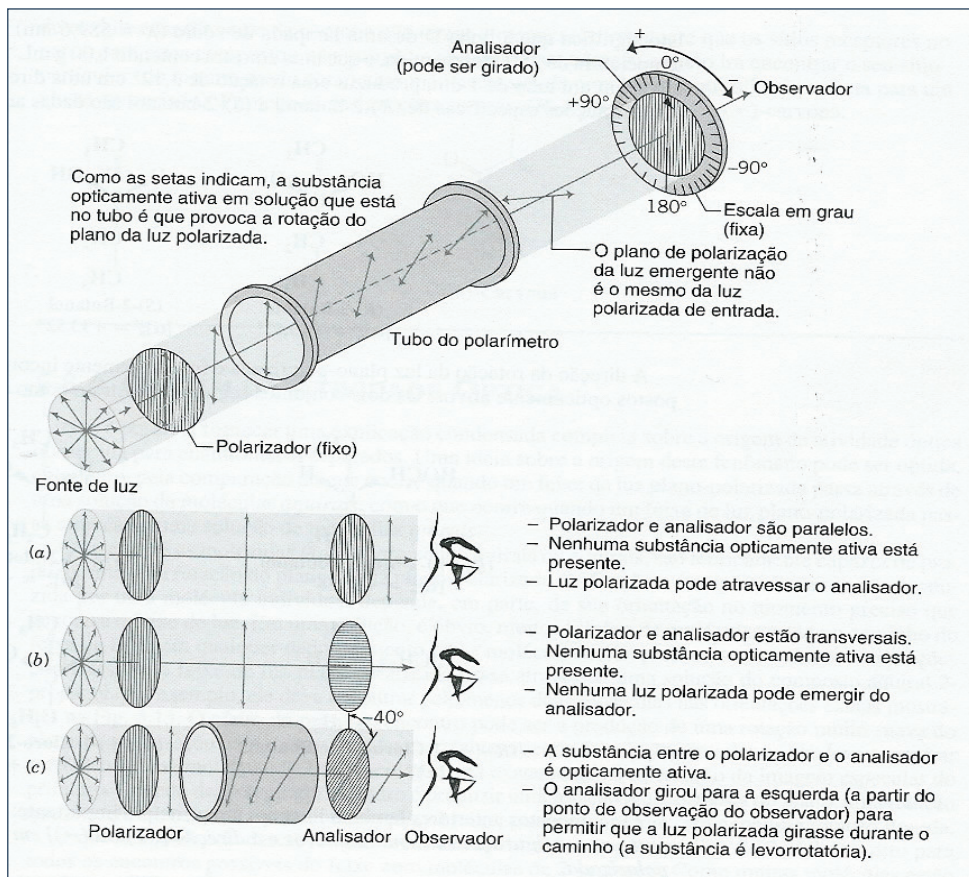


**Figura 9:** Polarímetro e Atividade Óptica.

Fonte: NASCIMENTO, 2007.

O uso do polarímetro, consiste em colocar as suas duas lentes dispostas paralelamente de modo que ao deixar passar luz tenha-se o mesmo plano de vibração, observando primeiro no tubo de amostra vazio, a máxima quantidade de luz que passa e atinge a visão do observador e, depois ao colocar uma substância para ser analisada no tubo, observa-se se esta produz rotação do plano da luz plano-polarizada no momento em que encontra o feixe de luz (substância opticamente ativa), indicando que o feixe de luz não atingiu nenhuma molécula que possuísse a mesma orientação de sua imagem especular. (SOLOMOS, 2001) (MORRISON, 1996).

Se esta substância ao passar através do tubo começar a girar o plano de polarização da luz, o observador terá que girar o analisador para continuar a observar a transmissão máxima de brilho da luz no sentido horário (+) ou no sentido anti-horário (-); uma substância que gira a luz plano-polarizada na direção horária será dita dextrógira ou dextrorrotatória (do Latim: dexter = direita) e a substância que roda a luz plano-polarizada no sentido anti-horário, será chamada de levógira ou levorrotatória (do Latim: laevus = esquerda); ao contrário da substância opticamente ativa, a substância opticamente inativa ao encontrar o feixe de luz, não altera o plano de polarização da luz porque para cada encontro com uma orientação específica existirá um encontro com uma molécula que está na orientação de sua imagem especular e a transmissão de luz ainda será máxima quando o instrumento ler 0°. (SOLOMOS, 2021) (MORRISON, 1996).



**Figura 10:** As partes Operacionais Principais de um Polarímetro e a Medida de Rotação Óptica.

Fonte: SOLOMONS, 2001.

Essa rotação específica observada, é uma propriedade característica de cada composto opticamente ativos, onde o seu valor medido em graus depende não só da temperatura e do comprimento de luz que é utilizado, mas também do número de moléculas interpostas no trajeto que a luz faz ao longo do tubo, ou seja, da concentração de enantiômeros e pode ser calculado a partir da seguinte equação:

$$[\alpha] = \alpha / c \cdot l$$

onde:  $[\alpha]$  = rotação específica

$\alpha$  rotação observada

$c$  = concentração da solução em gramas por mililitro de solução (ou densidade em  $\text{g.mL}^{-1}$  para líquidos puros)

$l$  = comprimento do tubo em decímetros (1 dm = 10 cm)

Devido a sua importância para a obtenção da qualidade dos produtos como, por exemplo, os medicamentos, principalmente quando há indicativos de que um dos isômeros pode ser responsável por efeitos colaterais, a determinação da rotação ótica pela polarimetria vem cedendo lugar a métodos analíticos altamente seletivos e sofisticados, como a cromatografia gasosa (GC), a cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC), a espectroscopia por ressonância nuclear magnética (NMR) e as medidas cristalográficas utilizando raios-X. (BERMUDEZ; BARRAGAT, 1996).

De acordo com Federsel (1993) apud Bermudez e Barragat (1996), em relação à possibilidade industrial de produzir moléculas definidas do ponto de vista estereoquímico ou de enantiômeros, podemos incluir:

- Separação de misturas racêmicas por cristalização, cromatografia ou resolução cinética;
- Utilização de compostos opticamente puros contendo estruturas presentes na natureza, isoladas de fontes naturais ou manufaturadas por processos enzimáticos ou similares;
- Utilização de produtos não-naturais, mas elaborados em laboratório, frequentemente disponíveis com alta pureza enantiomérica;
- Aplicação de síntese assimétrica<sup>1</sup>, na qual os compostos pró-quirais<sup>2</sup> são transformados, com a ajuda de microorganismos ou catalisadores, para moléculas de alta pureza ótica.

No mercado mundial existem vários fármacos que já estão sendo vendidos nas farmácias em suas formas opticamente puras, ou seja, sem a mistura com outro isômero. (COELHO, 2001).

<b>Fármaco</b>	<b>Nome da Farmácia</b>	<b>Classe terapêutica</b>	<b>Vendas mundiais (milhões, US\$)</b>
Amoxicilina	Amoxil®, Novocilin®	Antibiótico	2000
Ampicilina	Binotal®	Antibiótico	1800
Captopril	Capoten®	Controle de pressão	1520
Enalapril	Renitec®	Controle de pressão	1500
Ibuprofeno	Motrin®	Antiinflamatório	1400
Cefaclor	Ceclo®	Antibiótico	1040
Naproxafen	Naprosyn®	Antiinflamatório	950
Cefalexina	Keflex®	Antibiótico	900
Lovastatina	Lovastatina®	Controle de colesterol	750

Tabela 1- Exemplos de Fármacos Comercializados Opticamente Puros.

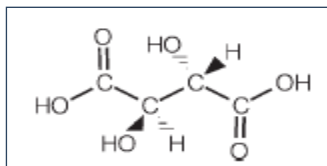
Fonte: COELHO, 2001.

1. Preparação de substâncias enantiomericamente puras através de síntese exclusiva ou preferencial de um esteroi-sômero.  
2. Quando a reposição de um ou dois grupos é idêntica em um átomo tetraédrico, ou quando a adição de um grupo a um átomo triangular, leva a um novo estereocentro.

## PASTEUR E A DESCOBERTA DO ENANTIOMERISMO

Louis Pasteur é comumente considerado o fundador do campo da Estereoquímica, título este concedido em 1848 quando ao estudar a possibilidade de separação de uma mistura racêmica de um sal de ácido tartárico que se encontrava depositada nos barris no processo de envelhecimento do vinho, acabou descobrindo o fenômeno chamado enantiomerismo, ao verificar que o tartarato de sódio e amônio opticamente inativo consistia numa mistura de duas espécies diferentes de cristais que eram a imagem uma da outra no espelho. (SOLOMONS, p. 187, 2001) (MORRISON, p. 156, 1996).

Pasteur notou ainda que essa substância cristalizava quando reagia com amônia formando cristais que eram estruturalmente diferentes um do outro, conseguindo com auxílio de uma lupa e de uma pinça separar os dois tipos de cristais que se encontravam na mistura, dissolvendo-os em água. (COELHO, 2001).



**Figura 12:** Estrutura do Ácido (+)-Tartárico.

Fonte: COELHO, 2001.

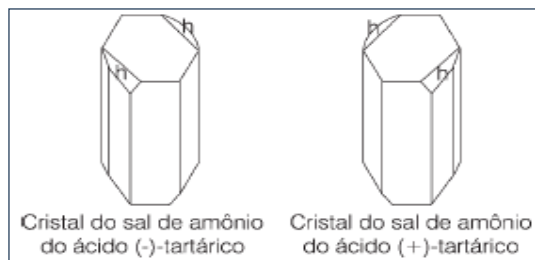
Para chegar a essa conclusão, uma das observações feita por Pasteur estava relacionada à forma e as propriedades ópticas dessas duas substâncias isoladas do ácido tartárico e dissolvida em água: a substância que roda o plano da luz polarizada para o lado direito ficou conhecida como (+)-ácido tartárico sendo considerada do tipo dextrógiro, enquanto que a outra substância conhecida como ácido paratartárico ou racêmico, era estruturalmente idêntica ao ácido tartárico, mas não desviava o plano da luz polarizada; já a solução dos cristais do sal de sódio e amônio do (-)-ácido tartárico, girava a luz plano-polarizada na direção oposta e com uma quantidade igual, sendo considerada do tipo levógiro. (COELHO, 2001).

Ainda que a mistura original fosse opticamente inativa, cada grupo de cristais dissolvidos em água, dava uma solução opticamente ativa, porém sua quiralidade desaparecia à medida que os cristais eram dissolvidos em suas respectivas soluções, mas a atividade óptica permanecia. (COELHO, 2001).

Além disso, as rotações específicas das duas soluções eram exatamente iguais, mas de sinal contrário, o que levou Pasteur a concluir que ela era característica não dos cristais, mas das moléculas e enunciou então a hipótese de que as moléculas que constituíam os cristais, eram imagem uma da outra no espelho plano e, portanto, eram quirais o que correspondia a supor a existência de isômeros ópticos. (MORRISON, 1996).



Tentando estabelecer uma relação entre o desvio do plano da luz polarizada e o arranjo espacial das moléculas de carbono, Pasteur sugeriu que os substituintes ao redor do átomo de carbono deveriam ter provavelmente um arranjo tetraédrico; entretanto, essa sugestão não ganhou muito crédito junto à comunidade científica da época, e acabou caindo no esquecimento até que surgiu em 1784 a proposta de Le Bel e Van't Hoff, a qual já foi comentada anteriormente. (COELHO, 2001).



**Figura 13:** Cristais do Sal de Amônia do Ácido Tartárico Separado.

Fonte: COELHO, 2001.

A quiralidade vem a ser desfavorável aos produtos que contêm mistura racêmica<sup>3</sup>, os quais normalmente apresentam quantidades equimolares de ambos enantiômeros, onde só há verificação destes através do comportamento frente à luz plano-polarizada dos dois enantiômeros, os quais não mudam o plano da luz polarizada e, portanto, não apresenta rotação porque o desvio de cada enantiômero cancela o outro, tendo essa natureza indicada em uma dada amostra, pelo símbolo (+). (ALLINGER, 1976) (SOLOMONS, 2001).

São três as maneira que podem gerar as formas racêmicas: na reação química entre compostos aquiral ou racêmicos e reagente quiral, na mistura de quantidades iguais dos dois enantiômeros e por racemização<sup>4</sup>.

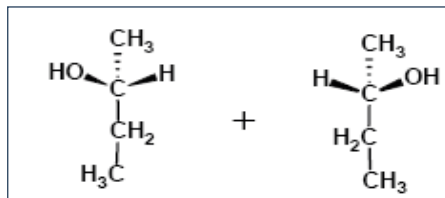
As formas racêmicas (par dl) diferem dos enantiômeros puros tanto no estado sólido quanto em solução, ou seja, a forma como um enantiômero puro dextrógiro, forma cristais é diferente da forma do racemato: no primeiro caso, os enantiômeros dextrógiro puros são a imagem especular dos cristais formados pelo enantiômero levógiro e ambos possuem o mesmo ponto de fusão e as mesmas propriedades de solubilidade; já o racemato pode cristalizar-se de duas maneiras sendo que as suas propriedades físicas serão diferentes das propriedades físicas dos enatiômeros puros: tendo os dois enantiômeros formando um único cristal e cada enantiômero cristalizado separadamente, formando uma mistura na qual coexistem os cristais R e cristais S. (ALLINGER, 1976).

As substâncias abaixo nos traz uma ideia de mistura racêmica:

3. O termo racêmico e racemato são derivados do latim *racemus* que significa cacho de uvas, um antigo nome muito comum dado à forma do ácido tartárico estudado por Pasteur. (COELHO, 2001) (VOLLHARDT; SCHORE, 2004).

4. Processo que converte um dado enantiômero em uma forma racêmica que contem quantidades iguais do isômero quiral e seu enantiômero.





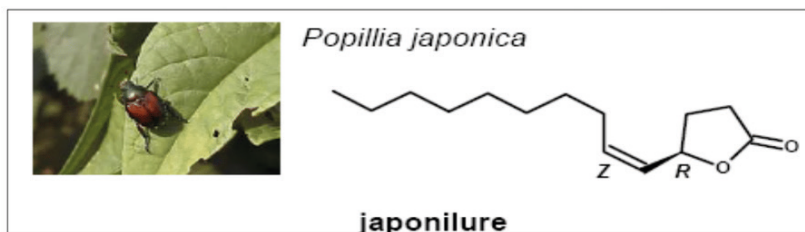
**Figura 14:** (±)-2-Butanol.

Fonte: Compilado pela Autora, 2007.

Conforme Vollhardt e Schore (2004), estudos mostraram que também existe uma diferença quanto aos fármacos racêmicos, pois esses fármacos nada mais são do que misturas de enantiômeros, ou seja, contêm duas substâncias diferentes, e consequentemente apresentam atividades biológicas também diferentes e que, portanto, podem apresentar efeitos colaterais significativos, uma vez que se constatou que um dos enantiômeros de uma determinada droga bloqueia o sítio receptor biológico e reduz a atividade do outro enantiômero ou ainda, um dos enantiômeros podem apresentar uma atividade totalmente diferente da desejada.

## A QUIRALIDADE NA NATUREZA

Na natureza muitos compostos orgânicos manifestam quiralidade na forma de um dos enantiômeros, outros, em ambas as formas o que pode ser perceptível tanto macroscopicamente como em nível molecular. (SOLOMOS, 2001). A figura abaixo ilustram bem essa ideia:

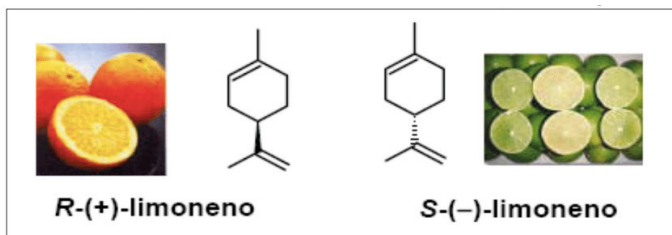


**Figura 15:** Planta e Representação Estrutural da Popillia Japonica.

Fonte: NASCIMENTO, 2007.

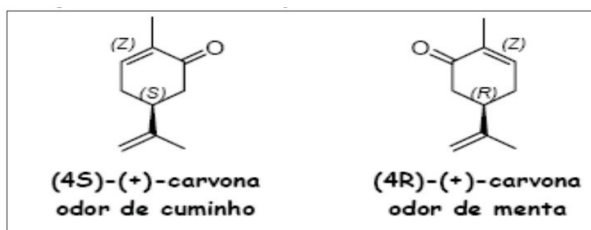
O discernimento de enantiômeros está presente nos diversos níveis de interação com o sistema biológico; um bom exemplo é o reconhecimento molecular pelo nosso organismo do aroma e sabor, uma vez que essas propriedades organolépticas são exatamente dependentes da quiralidade. (BARREIRO, 1997).

A exemplo desta interação, tem-se a forma enantiomérica do composto limoneno - um é responsável principalmente pelo odor das laranjas, enquanto que o outro é responsável pelo odor dos limões e a forma enantiomérica de um composto chamado carvona [2-metil-5-(1-metil-etenil)-2-ciclo-hexenona]; este composto possui um estereocentro<sup>5</sup> em um anel de seis átomos e é encontrada em ambas as formas na natureza: um é a essência do cominho e o outro a essência da hortelã. (VOLLHARDT; SCHORE, 2004). A baixo tem-se as figuras dos respectivos exemplos:



**Figura 16:** Frutas que Contém o Limoneno e sua Representação Estrutural.

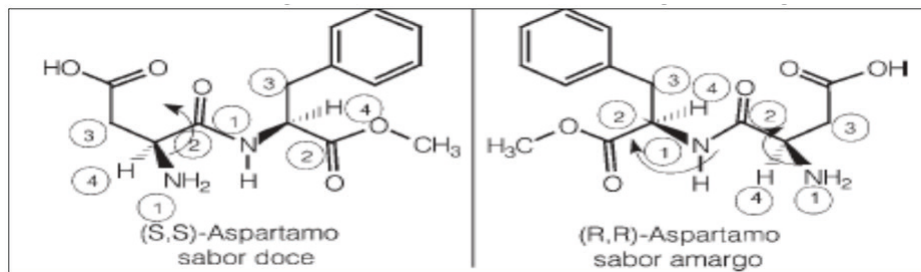
Fonte: NASCIMENTO, 2007.



**Figura 17:** Representação Estrutural da Carvona.

Fonte: NASCIMENTO, 2007.

Um outro exemplo é o adoçante artificial não calórico aspartamo onde a configuração absoluta (S,S) tem sabor doce, já o seu epímero (S,R) tem sabor amargo.



**Figura 18:** Representação Estrutural do Aspartamo. (O estereocentro esta marcado com a seta; os números seguem o sistema de Cahn-Ingol-Prelog).

Fonte: COELHO, 2001.

5. Um átomo ligado a quatro substituintes diferentes.

## QUIRALIDADE: DA ATIVIDADE BIOLÓGICA A FARMACOLÓGICA

Segundo Solomons (p. 162, 2001) “quiralidade é um fenômeno que permeia o universo e pode apresentar suas lateralidades diferentes de muitas maneiras incluindo o modo com que afetam os seres humanos”. Assim, o reconhecimento da existência de enantiômeros na natureza, levou ao estudo da quiralidade nos seres vivos descobrindo que estes são formados em sua maioria, por substâncias orgânicas quirais de baixo peso molecular e por macromoléculas, as quais apresentam uma quiralidade resultante do arranjo tridimensional em suas estruturas terciárias, uma vez que são constituídas de monômeros quirais a exemplo:  $\alpha$  - aminoácido (serina, alanina), o monossacarídeo (D-glicose) e o ribonucleosídeo (RNA<sub>(s)</sub>). (COELHO, 2001) (SOLOMONS, 2001).

No caso de fármacos, podemos encontrar o mesmo fenômeno de reconhecimento molecular pelo organismo, onde as drogas quirais que contêm um único enantiômero além de um racemato, são de grande importância para a indústria farmacêutica. (COELHO, 2001).

Assim, ao estudar o desenvolvimento de substâncias estereoquimicamente puras, contendo apenas um dos enantiômeros dextrógiro (R) ou levógiro (S), passou-se a priorizar a identificação das diferenças na atividade biológica, sendo esse fato relacionado a atividade de medicamento contendo estereocentro<sup>6</sup>, os quais podem da mesma forma variar entre, enantiômeros, às vezes com serias ou mesmo com trágicas consequências, como o caso da talidomida. (SOLOMONS, 2001).

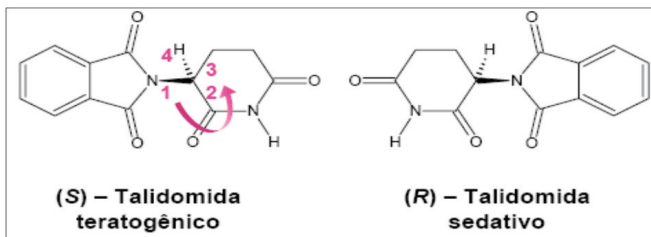


Figura 26: Fármacos com Estereocentro.

Fonte: NASCIMENTO, 2007.

No caso abaixo, apenas o enantiômero S apresenta atividade farmacológica, enquanto que o enantiômero R é inativo e não apresenta efeito colateral:

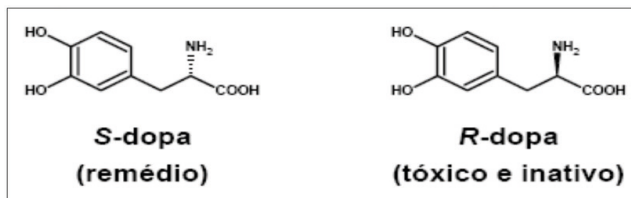
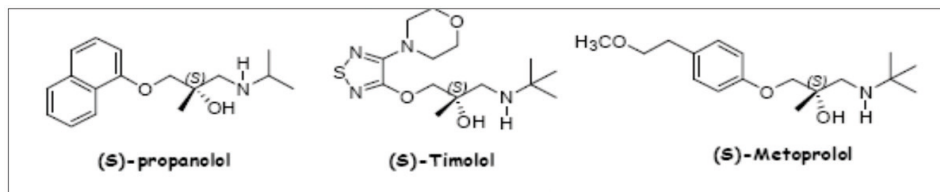


Figura 19: Representação Estrutural do Fármaco Dopa em Relação a sua Quiralidade.

Fonte: NASCIMENTO, 2007.

6. Um átomo carregando grupos de natureza tal que uma troca de quaisquer dois grupos irá produzir um estereoisômero.

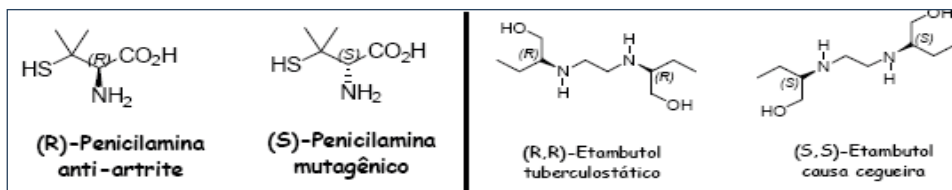
A figura abaixo ilustra os enantiômeros de três fármacos diferentes, usados no controle da pressão arterial:



**Figura 20:** Representação do Enantiômero Ativo de cada Fármaco.

Fonte: INSTITUTO DE QUÍMICA, 2007.

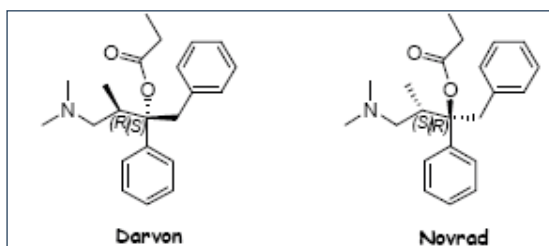
Um outro caso, diz respeito ao fármaco que possui isômeros com atividades existentes para ambos, porém o efeito indesejado é atribuído apenas a um deles:



**Figura 22:** Representação de Isômeros Ativos.

Fonte: INSTITUTO DE QUÍMICA, 2007.

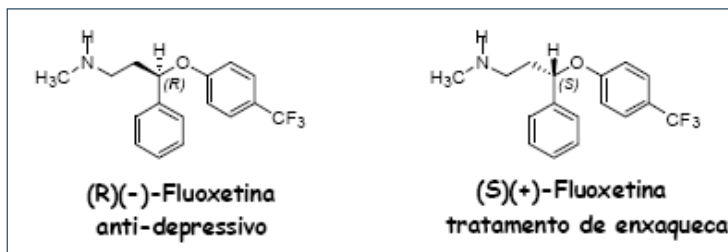
Outro caso onde ambos os isômeros apresentam valor terapêutico independente de ser comercializados isoladamente, é o Darvon® (2S, 3R)-(+)-dextropropoxifeno possui atividade analgésica, já sua antípoda o Novrad® (2R, 3S)-(-)-levopropoxifeno apresenta-se com efeito antitussígeno. (INSTITUTO DE QUÍMICA, 2007).



**Figura 23:** Representação Estrutural do (2S, 3R)-(+)-Dextropropoxifeno e do (2R, 3S)-(-)-Levopropoxifeno.

Fonte: INSTITUTO DE QUÍMICA, 2007.

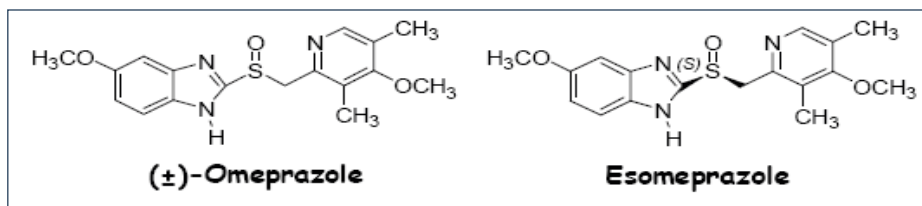
O mesmo caso vale para a (+)-Fluoxetina comercialmente conhecido como Prozac®, sendo que como os enantiômeros tinham interações semelhantes com os receptores, em 1986 foi patenteado o uso diferente para um dos seus enantiômeros. (INSTITUTO DE QUÍMICA, 2005).



**Figura 24:** Representação Estrutural dos Enantiômeros Encontrados na (+)- Fluoxetina.

Fonte: INSTITUTO DE QUÍMICA, 2007.

Existem ainda os fármacos que possuem enantiômeros com atividades similares, mas potências diferentes, como por exemplo, o esomeprazole comercializado com o nome de Astra Zeneca® tem melhor perfil terapêutico que o omeprazole conhecido como Astra AB®:



**Figura 25:** Representação Estrutural dos Fármacos Omeprazole e Esomeprazole Mostrando que a Quiralidade Encontra-se no Átomo de Enxofre.

Fonte: INSTITUTO DE QUÍMICA, 2007.

## A ESTEREOQUÍMICA DOS FÁRMACOS

Nos últimos anos têm-se verificado um grande avanço científico envolvendo os estudos químicos e farmacológicos no desenvolvimento de novas técnicas espectroscópicas<sup>7</sup> na elucidação de estruturas moleculares complexas de constituintes naturais, até há pouco tempo difíceis de serem identificados, visando obter novos compostos com propriedades terapêuticas a partir de plantas medicinais, o que contribui para a obtenção e utilização de vários fármacos<sup>8</sup> na química-farmacêutica. (YUNES; FILHO, 1998).

Portanto, a Estereoquímica é considerada um fator importantíssimo na atividade farmacológico, pois é a partir da constatação de que as diferenças isoméricas podem dar origem a atividade biológica sabores, odores, toxicidades e ações biológicas) diferentes sobre os organismos vivos, que o reconhecimento e a possibilidade de desenvolvimento desta espécie de estereoisômeros isolados passou a ser uma abordagem significativa para a indústria farmacêutica, sendo que tal enantiodiferenciação é baseada nas diferentes propriedades físicas dos diastereoisômeros formados a partir da interação entre

7. Técnica analítica que se baseia na medida de intensidade de luz absorvida pelas soluções.

8. Pode ser compreendido como uma molécula de estrutura determinada com efeitos sobre os sistemas fisiológicos e estados patológicos, cujos efeitos secundários não desejados são bem estabelecidos.

os enantiômeros de um substrato e os receptores biológicos, que são macromoléculas quirais. (FEDERSEL, 1993, apud BERMUDEZ; BARRAGAT, 1996) (KOROKOLVAS; BURCKHALTER, 1988) (FERREIRA; PINHEIRO, 1998).

Sobre essas diferenças entre fármaco e receptor, Fraga (p. 40, 2001) comenta que:

As diferenças de atividade intrínseca de fármacos enantioméricos que apresentam idênticas propriedades físico-químicas, excetuando-se o desvio do plano da luz polarizada, é função da natureza quiral dos aminoácidos, componentes da grande maioria de biomacromoléculas, que se caracterizam como alvos terapêuticos “ópticamente ativos”. Então, a interação entre antípodas do fármaco quiral com receptores quirais, leva à formação de complexo fármaco-receptor diastereoisoméricos que apresentam propriedades físico-químicas e energias diferentes, podendo, portanto eliciar respostas biológicas distintas.

Assim, a pureza óptica é fundamental para a qualidade do produto, o que justifica as tentativas de relacionar a forma molecular dos fármacos com a sua atividade farmacológica. (FERREIRA; PINHEIRO, 1998) (COELHO, 2001).

No entanto, é importante ressaltar que o efeito farmacológico, não está relacionado a quiralidade e sim com sua orientação tridimensional a qual é responsável por sua atividade, sendo que a sua modificação pode levar a diminuição do efeito biológico, a sua total destruição ou ao aparecimento de efeito biológico adverso. (FERREIRA; PINHEIRO, 1998) (COELHO, 2001).

Nome da substância	Configuração dextrógira (ou como especificado)	Configuração levógira (ou como especificado)
Talidomida	Doce	Amargo.
Fenilalanina	Sedativo e hipnótico	Extremamente teratogênico
Verapamil	Ação anti-tumoral	Ação antiarrítmica
Cloranfenicol	(R,R) antibacteriano	(S,S) Inativo
Propranolol	Contraceptivo	Anti-hipertensivo antiarrítmico
Etambutol	(R,R) Causa cegueira	(S,S) Tuberculostático
Deltametrina	(R,R,S) Inseticida potente	(S,S,R) Inativo
1-Cloropropano2,3-diol	Tóxico Atividade	anti-fértil
Paclobutrazol	(R,R) Fungicida	(S,S) Regulador do crescimento de plantas

TABELA 2: Comparação entre a atividade biológica e a configuração absoluta de substâncias relacionadas enantiomericamente.

Fonte: BERMUDEZ; BARRAGAT, 1996.

Conforme Korolkovas e Burckhalter (1998), são os fatores estéricos determinados pela Estereoquímica, tanto do receptor quanto do fármaco, que possibilitam a formação de um complexo entre eles e, conseqüentemente, o aparecimento da ação medicamentosa.

Essa ideia foi representada há aproximadamente 100 anos quando Emil Fischer (1852-1919) usou a analogia chave-fechadura para compreender a ação de um fármaco. (YUNES; PEDROSA; FILHO, 2001).

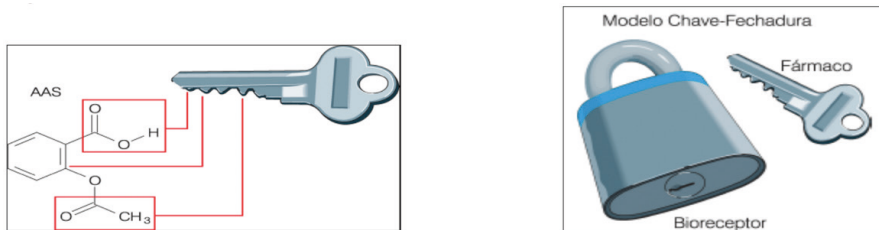


Figura 27: Modelo Chave-Fechadura e o Conceito de Complementariedade Molecular.

Fonte: BARREIRO, 2001.

As substâncias químicas que manifestam atividade farmacológica semelhante contêm, em geral, grupos funcionais comuns - anel aromático ou heterocíclico (não raro condensados), cadeia alifática ou alicíclica, átomo de nitrogênio básico, grupo hidroxila alcoólico ou fenólico, grupos amida, éter ou éster – dispostos no espaço de maneira análoga, enquanto que a disposição espacial é, no caso dos fármacos estruturalmente específicos é fundamental para a interação do fármaco-receptor dos isômeros ópticos, os quais apresentam diferenças nas atividades biológicas e apresentarem ação farmacológica em graus diversos de intensidade. (KOROLKOVAS; BURCKHALTER, 1988).

A ação dos fármacos resulta quer de suas propriedades físico-químicas (como sucede nos fármacos estruturalmente inespecíficos), quer diretamente de sua estrutura química (conforme ocorre nos fármacos estruturalmente específicos), sendo que esses últimos agem em doses baixíssimas, e sua atividade deve-se à complexação com sítios específicos localizados em determinadas macromoléculas no organismo, denominados receptores ou aceptores. (KOROLKOVAS; BURCKHALTER, 1988).

## O CASO DA TALIDOMIDA

A talidomida (N-alfa-ftalimido-glutarimida) é um derivado sintético do ácido glutâmico e foi sintetizada primeiramente como sedativo no tratamento de enjoos matinais provocados pela gravidez em 1953 pela empresa alemã Grünenthal, a qual comercializou-a com o nome de Contergan. (LIMA; FRAGA; BARREIRO, 2001).

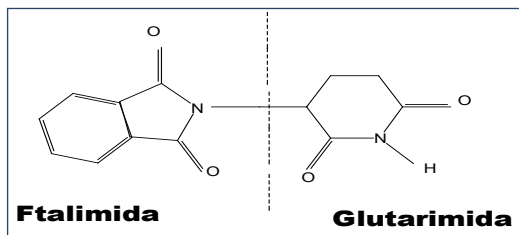


Figura 29. Estrutura Química da Talidomida.

Fonte: BORGES; FRÖHLICH, 2003.

Assim, a concepção de que em uma dada mistura racêmica biologicamente ativa de um dos enantiômeros seria responsável pela ação enquanto que a outra seria inativa foi o que levou a comercialização da talidomida como uma mistura racêmica. (BORGES; FROELICH, 2003).

Em 1958, esta empresa começou a receber notificações de neuropatia periférica, traduzida por intensas câibras, fraqueza muscular e perda de coordenação motora pelas pessoas que a tinham utilizado, porém não se percebida a correlação entre o seu uso e o surgimento de focomelia<sup>9</sup> nos filhos de mulheres que a tinham usado na gravidez, sendo que somente em 1960, é que relacionaram-se os casos de neuropatias<sup>10</sup> com o uso da talidomida e, depois, atribuiu-lhe também a mal formações em crianças recém-nascidas. (BORGES, G. L.; FRÖHLICH, 2003).

Assim, após três anos de comercialização e após intensa pressão da imprensa, a talidomida foi retirada do mercado em 1961, deixando para trás o trágico saldo de 8.000 crianças com malformação congênita em 46 países, inclusive no Brasil, sendo que nos Estados Unidos o medicamento nunca foi liberado, pois o FDA<sup>11</sup> achou que deveria aprofundar a experimentação devido a ocorrências de neurite<sup>12</sup> periférica e alterações tireoidianas. (BORGES, G. L.; FRÖHLICH, 2003).



**Primeiro exemplo real relacionando a estereoquímica a um efeito biológico indesejado.**

**Figura 28:** Anomalias de Formação Causadas pelo Isômero S da Talidomida.

Fonte: COELHO, 2001.

Deste modo, a constatação no início da década de 60 dos efeitos teratogênicos<sup>13</sup> provocados pela ( $\pm$ )-talidomida em gestantes, nos três primeiros meses de gravidez, representou um marco na conscientização do risco da administração de um fármaco em sua forma racêmica, quando a razão eudísmica<sup>14</sup> entre os dois enantiômeros é desconhecida. (LIMA; FRAGRA; BARREIRO, 2001).

9. Encurtamento ou a ausência dos membros superiores.

10. Doença nervosa.

11. Food and Drug Administration.

12. Inflamação de um nervo.

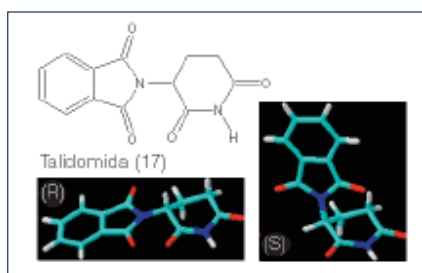
13. Termo que provem do grego “teratos”, que significa monstro. Refere-se a malformações anatômicas macroscópicas.

14. Potência entre o enantiômero com maior afinidade com a afinidade relativa do enantiômero de menor afinidade.



De acordo com Eriksson et al. apud Borges e Froehlich (2003), como no átomo de carbono terciário na estrutura da glutarimida é aquiral, as formas opticamente ativas Dextrógira (+) ou Levógira (-) é o que leva a diferenças na terapêutica, pois mesmo tendo sido possível obter enantiômeros R e S na forma pura, foi demonstrado que a talidomida sofre racemização no plasma humano (pH fisiológico igual a 7), o que inviabiliza a sua comercialização na forma enantiomericamente pura. (BARBOSA, 2004).

Portanto, a tentativa de separar os vários efeitos farmacológicos da talidomida usando um enantiômero puro torna-se sem sentido, pois as formas (+) e (-), quando administradas separadamente, sofrem rápida interconversão in vivo e in vitro com uma velocidade de 0,12 e 0,17 h<sup>-1</sup> para os enantiômeros S e R, respectivamente, ou seja, cerca de 8 horas após a aplicação do enantiômero puro, as duas formas estão presentes no sangue em concentrações similares. (BORGES; FROEHLICH, 2003).



**Figura 30:** Estereoisômeros da Talidomida.

Fonte: FRAGA, 2001.

Hoje existe muito para se descobrir sobre o mecanismo de ação da talidomida e de que forma este fármaco age no sistema imune de humanos e mesmo apesar de suas terríveis consequências devido ao uso incorreto, o benefício da talidomida em relação a outras doenças como lepra e AIDS não pode ser ignorado, porém a sua utilização deve ser monitorada com muito cuidado, para que a partir dos seus isômeros possa ser possível desenvolver fármacos mais seguros e mais efetivos para o tratamento de várias doenças humanas. (BORGES; FROEHLICH,2003).

## METODOLOGIA

### PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Procura-se por meio da pesquisa de revisão bibliográfica apresentada neste trabalho, elaborar uma proposta didática capaz de relacionar os conceitos da Estereoquímica que permeiam tanto a natureza como os fármacos por meio da criação de modelos propostos no estudo dos isômeros ópticos<sup>15</sup> a fim de melhor ajudar os alunos a observá-los e

15. Esses modelos são: imagem especular, geometria tetraédrica e rotação óptica.

compreendê-los. Desse modo, buscou-se organizar o ensino da isomeria óptica de forma que, aos poucos, porém ampla e profundamente, os alunos do 3o ano do Ensino Médio da Educação Básica comecem a entender os seus conceitos químicos e a estabelecer uma ponte de conhecimento entre o mundo microscópico e o macroscópico presentes neste estudo.

Será selecionado para a proposta os tópicos deste trabalho, levando em consideração à sua importância para o conhecimento prévio dos alunos e também o emprego da linguagem específica da Estereoquímica, pois é através dessa linguagem que os alunos irão entender os conceitos que envolvem o estudo dos isômeros ópticos.

A fim de concretizar essas ideias, foram propostos exercícios com perguntas subjetivas pertinentes aos tópicos estudados, os quais exigiam dos alunos um conhecimento da linguagem pertinente e também do reconhecimento de isômeros em estruturas moleculares além da utilização das práticas laboratoriais, trabalhos em grupo e aplicação de uma prova diretamente ligada ao conteúdo estudado.

## RECURSOS DIDÁTICOS

- Proposta didática -Apostila
- Laboratório de Química (parte Experimental)
- Computador
- Transparências – uso do retroprojektor
- Estereoscópio para computador
- Polarímetro (construção com material alternativo)

## PRÁTICAS LABORATORIAIS

De acordo com Giordan (1999) a experimentação tem um papel importante nos processos de elaboração do conhecimento científico, elevando-as a categoria de processos de natureza social, técnica e cognitiva. Assim, o pensamento de Aristóteles 1979 apud Giordan (p. 43, 1999) diz que “quem possua a noção de experiência, e conheça o universal ignorando o particular nele contido, enganar-se-á muitas vezes no tratamento.” É partindo dessa ideia que procurou-se experimentos práticos relacionados com o tema proposto para serem desenvolvidos pelos alunos, os quais são descritos logo a seguir.

A descoberta por Kekulé e Couper da tetravalência do carbono foi sem dúvida um marco para a análise estrutural das moléculas. (MCMURRY, 2005). Procurando mostrar essa ideia aos alunos, desenvolveu-se a prática: Como Construir um Modelo da Molécula de  $C_{60}$ . (ROCHA, 1996).

Quando Van't Hoff e Le Bel propuseram a teoria tetraédrica do carbono a qual baseava-se na prova do número de isômeros adicionando deste modo à terceira dimensão a essas ideias a respeito das moléculas, também foi um grande momento para a ciência Química. (MCMURRY, 2005) (SOLOMONS, 2001). A visualização dessa ideia por parte dos alunos ocorreu a partir do desenvolvimento da prática do Carbono Tetraédrico. (DEMUNER et al, 2000).

A Química é uma ciência que opera com modelos abstratos, exigindo uma habilidade cognitiva de quem a estuda o que dificulta para o aluno fazer uma analogia com uma realidade concretamente observável, o que torna-se viável no momento de explanação destes modelos, utilizar os modelos de estrutura do tipo bola-varetas para facilitar esta analogia. (GIORDAN, 1999).

Abordar a Teoria Estrutural evidenciando porque ela tornou-se uma das teorias mais fundamentais na Química Orgânica para entender a representação estrutural dos isômeros ópticos, de modo que os alunos consigam visualizar essa ideia abstrata, construiu-se um estereoscópio<sup>16</sup> com base no trabalho intitulado Moléculas em Três Dimensões: Um Estereoscópio para Computador, o qual aborda as representações moleculares da seguinte forma:

Representações planas de moléculas que são, na realidade, tridimensionais sempre foi uma severa limitação para o desenvolvimento da compreensão que o conhecimento químico precisa ter sobre a estrutura molecular. Existem hoje em uso pelos químicos vários programas de computador (PCModel, HyperChen, etc.) que são capazes de apresentar projeções estereoscópicas na tela do monitor, permitindo ainda que as "moléculas" assim apresentadas possam ser giradas em todas as direções. Tais projeções, no entanto, são inúteis se o observador não dispuser de um estereoscópio, um aparelho que permite ver cada uma das duas imagens apresentadas com o olho correspondente, dando a impressão de que os dois olhos vêm à mesma figura, agora em três dimensões (Constantino, 1998. p. 337).

De acordo com Giordan (1999), a manipulação de modelos moleculares simulada pelo computador apresenta uma criação experimental que auxilia os alunos a significar por meio da formação do pensamento científico e conseqüentemente do desenvolvimento da habilidade cognitiva, a compreensão da dimensão microscópica dos modelos que envolvem a estrutura das moléculas.

Os conceito que envolvem a isomeria óptica, norteiam os estudos dos isômeros relacionados a luz polarizada realizados por Biot e Pasteur através da construção de um aparelho denominado polarímetro. (BAGATIN et al., 2005). Para que os alunos possam observar a o efeito da luz polarizada em algumas substâncias, fez-se uma montagem, ou melhor, um arranjo experimental sugerido no trabalho sobre Rotação de Luz Polarizada por Moléculas Quirais: Uma Abordagem Histórica com Proposta de Trabalho em Sala de Aula. (BAGATIN et al., 2005).

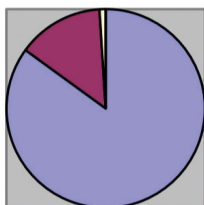
16. Para auxiliar essa técnica, usou-se o programa de computador Web Lab.

Assim, o projeto de ensino Isomeria Óptica: Uma Abordagem no Ensino Médio foi desenvolvido e aplicado no Colégio Estadual São Cristóvão na cidade de União da Vitória, especificamente na 3ª série B do Ensino Médio, no período diurno sobre a supervisão do professor Rafael Cândido Ferreira em um total de 8 horas/aulas.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Embora tenha contextualizado o estudo dos isômeros ópticos com o cotidiano dos alunos e das práticas experimentais aplicadas nas aulas, percebeu-se a princípio uma certa dificuldade de aprendizagem por parte dos alunos, provavelmente em função de dois motivos: ao pouco grau de afetividade com a minha pessoa, o que levou um tempo para eles aceitarem a minha metodologia e a falta de consciência dos mesmos quanto a importância de se conhecer as estruturas químicas de isômeros ópticos. Essa última questão pode ser melhor visualizada de acordo com as respostas mostrada no gráfico 1 abaixo para a pergunta: “Depois de ter estudado Isômeros Ópticos, qual é a sua opinião a respeito do estudo das estruturas das moléculas?” :

### Opinião dos alunos sobre o estudo das estruturas moleculares



■ 85% afirmam ter ampliado seus conhecimentos

■ 14% acreditam que só irão utilizar se fizerem Química

□ 1% não souberam responder

Esses dados mostram o quanto os alunos tinham a princípio uma visão parcial da Química.

Os momentos inexoráveis para a realização desse ideal, foi sem dúvida quando realizou-se as práticas laboratoriais.

A interação no decorrer das aulas com os alunos, contribuiu para a contextualização do estudo dos isômeros ópticos, bem como para ajudá-los a reconhecer a importância deste nas várias atividades químicas e pela sociedade em favor da mesma.

O sucesso dos objetivos acima alcançados podem ser visualizados na sua totalidade nos gráficos 2 e 3 a seguir:

### Média ponderada do Trabalho

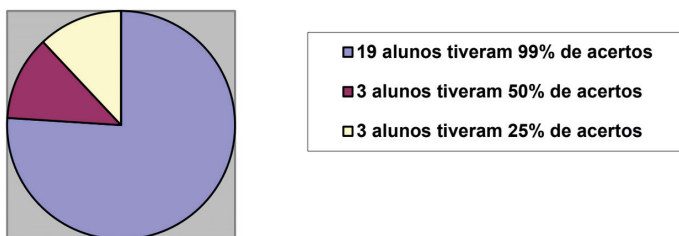


GRÁFICO 02 -

### Média ponderada da Prova

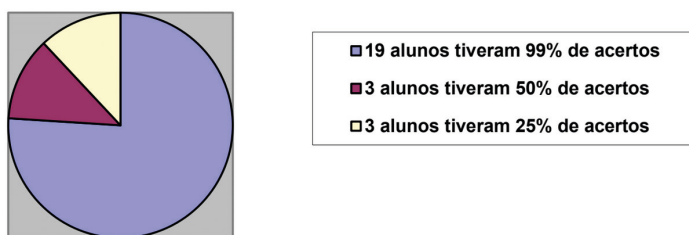


GRÁFICO 03 -

Ao finalizar a aplicação deste trabalho, percebe-se o quanto o estudo das estruturas moleculares dos isômeros ópticos é relevante, pois implica em desmistificar o mundo físico por meio do mundo microscópico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Isomeria Óptica é um tema interessante, que pode ser trabalhado em sala de aula dando ênfase aos aspectos e importância da estrutura molecular.

Tendo a elaboração do meu Trabalho Final de Estágio Supervisionado de acordo com o PCNs para o ensino da Química, encontrei alguns métodos laboratoriais que favoreceram uma elaboração didática para a compreensão da subdivisão da Química Orgânica, a Estereoquímica, através do estudo da isomeria óptica e seus conceitos aos alunos do 3º ano do Ensino Médio na Educação Básica, com a qual eles puderam compreender a importância em conhecer a disposição dos átomos nas moléculas para um bom uso das mesmas.

Diante dos resultados obtidos, considero a aplicação do projeto de ensino Isômeros Ópticos: Uma Abordagem no Ensino Médio, bastante satisfatória perante as dificuldades iniciais, pois possibilitou aos alunos ressignificar o estudo da Química Orgânica, especificamente dos isômeros ópticos, o que é fundamental para cada aluno, principalmente porque estão passando para uma nova fase: o término do Ensino Médio.

Como professora Licenciada em Química, considero essa experiência de ensino significativa, pois possibilitou por meio da revisão bibliográfica e dos recursos didáticos aqui selecionados desenvolver os meus conhecimentos, elaborar um proposta didática voltada a alunos do Ensino Médio da Educação Básica rica em informações e, principalmente a confirmação da minha escolha profissional.

## REFERÊNCIAS

ALLINGER, N. D. **Química Orgânica**. 2º Ed, LTC: New York, 1976.

BAGATIN, O. et al. Rotação de luz Polarizada por Moléculas Quirais: Uma Abordagem Histórica com Proposta de Trabalho em Sala de Aula. **Química Nova na Escola**, Maio, nº 21, 2005.

BARBOSA, L. C. de A. **Introdução a Química Orgânica I**. Editora UFV, SP: Prentice Hall, 2004. (Capítulo 6)

BARREIRO, E. J.; FERREIRA, V. F.; COSTA, P. R. R. Substâncias Enantiomericamente Puras (SEP): A Questão dos Fármacos Quirais. **Química Nova**, v. 20, nº 6, 1997. p. 647-656.

BARREIRO, E. J. Sobre a Química dos Remédios, dos Fármacos e dos Medicamentos. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, nº 3, maio, 2001, p. 9.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Nacionais para o Ensino de Química (segundo Grau), Parte III Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias**. Disponível em: <[http://portalmeec.gov.br/seb/arquivos/php/book\\_volume\\_02\\_internet\\_pdf](http://portalmeec.gov.br/seb/arquivos/php/book_volume_02_internet_pdf)>. Acesso em: 12 jun. 07a.

BRASIL, Ministério da Educação; Secretaria de Educação do Estado do Paraná. **Diretrizes Curriculares para o Ensino de Química**. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/sef/legisla.shtml>> Acesso em: 12 jun. 07b.

BERMUDEZ, Z. A. J.; BARRAGAT, P. Medicamentos Quirais: da Dimensão Química à Discussão Política. **Caderno de Saúde Pública**. jan-mar, Rio de Janeiro, v. 12, nº1, 1996. p. 47-51.

BORGES, G. L.; FRÖHLICH, P. E. Talidomida: Novas Perspectivas para Utilização como Antiinflamatório, Imunossupressor e Antiangiogênico. **Rev. Assoc. Méd. Bras.** Março, São Paulo, v. 49, nº 1, 2003. p. 1-18.

COELHO, F. A. S. Fármacos e Quiralidade. Química de Fármacos, **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, Maio, nº 3, 2001. p. 23-32.

CONSTANTINO, G. M.; SILVA, G. V. J. da; PELISSON, M. M. M. Molécula em Três Dimensões: Um Estereoscópio para Computador. **Química Nova na Escola**, v. 21, nº3, 1998. p. 337-340.

CHASSOT, I. A. **Catalisando Transformações na Educação**. 3º Ed., Unijuí: R.S., 1995. p.174.

CHASSOT, I. A. Sobre os Prováveis Modelos de Átomos. Série Ensino. **Química Nova na Escola**, Maio, nº 3, 1996. p. 3.

CHASSOT, Attico. Alfabetização Científica: Uma Possibilidade para a Inclusão Social. **Revista Brasileira de Educação**, 2003, p. 89-100.

DEMUNER, A. J. et al. **Experimentos de Química Orgânica**. Editora UFV, Viçosa- Minas Gerais, 2000.

FERREIRA, F. V.; PINHEIRO, S. Abordagens em Síntese Assimétrica. **Química Nova**, maio/junho, São Paulo, v. 21, n° 3, 1998. p. 193-201.

FRAGA, M. A. C. Razões da Atividade Biológica: Interações Micro-e Biomacro-Moléculas. Atividade Biológica. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, Maio, n°3, 2001. p. 1-10.

GIORDAN, M. O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, Novembro, n°10, 1999. p. 43-49.

INSTITUTO DE QUÍMICA. **Estrutura e Atividade Biológica**: A Quiralidade de Moléculas Terapeuticamente Ativas. Disponível em: <dqo.iqm.unicamp.br/disciplinas/ pos-graduacao/qp-423/quiralidade7.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2007.

KOROLKOVAS, A.; BURCKHALTER, J. H. **Química Farmacêutica**. Editora Guanabara Koogan S. A., 1988.

KOTZ, J. C.; TEICHEL, JR. P. **Química e Reações Químicas**, 4ª Edição, Editora LTC S. A., v. 1, Rio de Janeiro, 2002.

LIMA, E. L. V., Os Fármacos e a Quiralidade: Uma Breve Abordagem. **Química Nova**, v. 20, n° 6, 1997.

LIMA, L. M.;FRAGA, C. A. M.; BARREIRO, E. J. O Renascimento de um Fármaco: Talidomida. **Química Nova**, set./out, São Paulo, v. 24, n° 5, 2001. p. 683-688.

MACHADO, A. H.; MOURA, A. L. A. Concepções Sobre o Papel da Linguagem no Processo de Elaboração Conceitual em Química. **Química Nova na Escola**, Novembro, n° 2, 1995.

MALDANER, A. O.; PIEDADE, M. do C. T. Repensando a Química. **Química Nova na Escola**, Maio, n° 1, 1995. p. 15-19.

MATOS, G. M. J. A. Pasteur, Ciência para Ajudar a Vida. Seção História da Química, **Química Nova na Escola**, Novembro, n° 6, 1997. p. 20-22.

MC MURRY, J. **Química Orgânica**. São Paulo: Pioneira Thompson Learning. v. 1, 2005. p.

MORRISON, **Química Orgânica**. 13ª Edição S. I., Editora Gulbenkian, 1996. p.

NASCIMENTO, R. I. **Química Orgânica Estereoquímica**. Curso de Engenharia Ambiental, aula 4, Unesp-Unidade Diferenciada de Sorocaba/lperó, 2005. Disponível em: <www.sorocaba.unesp.br/professor/lisabel/aula4\_1sem2005\_estereoquimica.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2007.

NACIR. Química 1- **Apostila Completa: Capítulo 4- Isomeria**. 2005-2006. Disponível em: <http://www.dequi.eel.usp.br/~croa/apostilas/apos4-5.pdf>. Acesso em: 4 jan 2007.

NAVARRO, M. et al. Atualizando a Química Orgânica Experimental de Licenciatura. **Química Nova**, v. 28, n° 6, 2005. p. 1111-1115.

NOEL, F. et al. Estudos de Bioequivalência para Fármacos que apresentam Estereoisomerismo. **Infarma**, v. 16, n° 11-12, 2004.

OBERTO, S. de M. **Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio: Como e Porque, a Disciplina de Química.** (2001?) Disponível em: <<http://www.ufsm.br/gepeis/artigos.htm>>. Acesso em: 12 jun. 07.

PEIXOTO, A. M. E. Carbono. Seção- Elemento Químico. **Revista Química Nova**, Maio, nº 5, 1997. p. 34.

PILETTI, N. **Estrutura e Funcionamento do Ensino Fundamental.** 26ª Edição, Editora Ática, São Paulo, 1999, p.

QUEIROZ, L. S.; BATISTA, A. A. Isomerismo Cis-Trans: De Werner aos Nossos Dias. **Revista Química Nova**, mar./abr , São Paulo, v. 21, nº 2, 1998. p. 647-656,

ROCHA, F. C. R., Os Fullerenos. Seção Atualidades em Química. **Química Nova na Escola**, Novembro nº 4, 1996. p. 7-11.

SILVA, A. A. J. **Importância dos Esteroides na Terapêutica.** Boletim do CIM- Centro de Informação do Medicamento- Ordem dos Farmacêuticos, set./out., 2004. p. 1-4.

SOLOMONS, T. W. G. et al. **Química Orgânica.** 7º Ed, LTC R.J., v. 1, 2001. (Capítulo 5)

TOSTES, J. G. Estrutura Molecular (O Conceito Fundamental da Química). **Química Nova na Escola**, Maio, nº 7, 1999. p. 17-19

VIEIRA, L. **Química, Saúde e Medicamentos.** Conteúdos Interdisciplinares (Plano de Aula) – Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1996. p. 52

VOLLHARDT, K. P. C.; SCHORE, N. E. **Química Orgânica: Estrutura e Função.** 4º Ed., Bookman: Porto Alegre, 2004. (Capítulo 5).

ZAPOTOCZNY, E. S.; GULANOWSKI, F. **Uma História de Sucesso: Colégio Estadual São Cristóvão.** Biblioteca Duque de Caxias, União da Vitória, Setembro de 2002. p.12

YUNES, R. A.; PEDROSA, R. C.; FILHO, V. C. Fármacos e Fitoterápicos: a Necessidade do Desenvolvimento da Indústria de Fitoterápicos e Fitofármacos no Brasil. **Revista Química Nova**, jan./ fev, São Paulo, v. 24, nº 1, 2001. p. 147-152.

YUNES, R. A. FILHO, V. C. Estratégia para a Obtenção de Compostos Farmacologicamente Ativos a Partir de Plantas Medicinais. Conceitos sobre Modificação Estrutural para Otimização da Atividade. **Química Nova**, jan./fev, São Paulo, v. 21, nº1, 1998. p. 99-105.



# ESTADO DO PARANÁ: COMO ALUNOS DO 6º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL EXPRESSAM ALGUNS CONCEITOS INICIAIS DE FRAÇÕES?

*Data de submissão: 17/02/2025*

*Data de aceite: 05/03/2025*

**Rafael Marques Pinheiro**

SEED – PR

**Resumo:** Este estudo de natureza qualitativa e investigativa em Educação Matemática nos remete a refletir: como alunos do 6º ano do Ensino Fundamental expressam alguns conceitos iniciais de frações próprias e impróprias por meio da aplicação de uma sequência didática ligada a uma sequência de atividades, após uma intervenção docente associada aos planejamentos disponibilizados pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná? Nesse sentido optamos com entender a sequência didática sob a óptica de Zabala (1998) em que os objetivos são conhecidos tanto pelo professor quanto pelos alunos. Entendemos a avaliação diagnóstica que foi aplicada como sendo um parâmetro de investigação e análise dos possíveis erros por parte dos educandos (BURIASCO; FERREIRA; CIANI, 2009). Para amparar nossa pesquisa, buscamos alguns autores (SCHEFFER; POWELL, 2019; LOPES, 2008) que estudam o conjunto dos números racionais e para esse fim, articulamos com alguns documentos oficiais que norteiam

o ensino de matemática no Brasil e em particular, no estado do Paraná. Para além disso, frisamos e indicamos a importância da abordagem Histórico-Epistemológica (PINHEIRO; LUCCAS; LUCAS, 2019) como fundamentação metodológica de pesquisa e ensino para a elaboração de possíveis sequências didáticas futuras, propiciando aos estudantes a percepção de que a matemática é fruto da criação humana. Os dados empíricos foram coletados em uma escola de campo localizada no norte pioneiro, sendo que os mesmos foram analisados por meio da Análise Textual Discursiva (MORAES, 2006). Sinteticamente podemos descrever as aplicações dessa pesquisa como sendo férteis para o ensino da matemática, uma vez que as categorias de análise puderam ser inferidas na subcategoria adequada como quase 67% de acertos dos alunos. Essa constatação pode sinalizar que os planejamentos disponibilizados pelo estado do Paraná são ferramentas positivas para o ensino de matemática, pois revelam olhares positivos inter-relacionadas a ação de planejar e replanejar a ação docente em sala de aula no que se refere a matemática e seu ensino.

## INTRODUÇÃO

As discussões a respeito do modo como alguns conceitos de frações são apresentadas nos currículos escolares atravessa décadas (HILTON, 1980). ***Após quase 50 anos desta publicação, o ensino desse conteúdo continua sendo ortodoxo nas escolas ditas contemporâneas?*** Conceitos impróprios e fora do contexto real, exemplos inadequados e sem conexões com a realidade dos estudantes abrem as portas para uma discussão e ao mesmo tempo reflexão sobre a articulação desse conteúdo no processo de ensino e aprendizagem no Ensino de Matemática. ***Como enfatizar o ensino de frações com a vivência dos alunos e até mesmo com suas etapas de aprendizagem no contexto da própria Matemática?***

Hilton (1980) já apresentava algumas situações que agregam em suas palavras, “defeitos” no currículo que envolve esse conteúdo como: - aplicações enganosas, confusão com as funções dos decimais, ausência de cuidado com definições e explicações, desonestidade de apresentação e paixão pela ortodoxia. ***O que nós, professores de Matemática, sabemos a respeito do conhecimento pedagógico desses conteúdos e suas relações com as ramificações dos mesmos?*** Frações próprias, impróprias, aparentes, números mistos dentre outros, nos abrem um leque de possibilidades e desafios na ação de ensinar os números racionais, que acompanham os educandos em todas as etapas do Ensino Fundamental e também no Ensino Médio, afirmação que é evidenciada nos currículos brasileiros (PARANÁ, 2018; BRASIL, 2018).

Lopes (2008) já orientava que de início se instigue os alunos na compreensão das aplicações das frações em situações do cotidiano, ou seja, fora do contexto matemático e contrária a uma forma obsoleta como apresentada ainda, em muitos livros didáticos e paradidáticos. Nesse sentido, Scheffer e Powell (2019) apresentam um estudo acerca de uma análise feita em 14 coleções de livros didáticos publicados em 9 editoras brasileiras. Nas palavras dos autores, os livros em sua maioria dão ênfase na relação parte-todo, “[...], todavia deixa lacunas quanto aos significados de fração, haja vista que nem todos os significados são explorados”. (SCHEFFER; POWELL, 2019, p. 488).

Ainda em Lopes (2008) encontramos um reforço para esta constatação no passo que se registra “[...] as frações são apresentadas inicialmente como relação parte-todo, representam partes, números menores que a unidade, que foi dividida em partes iguais”. (p. 9). O mesmo autor ainda enfatiza que grande parte dos professores e autores de livros didáticos não conhecem a história do conceito das frações e até mesmo suas componentes epistemológicas e cognitivas, e isso pode se tornar um empecilho na aprendizagem dos alunos. ***Como articular a abordagem histórica com o ensino de conceitos matemáticos, em especial desse conteúdo, de modo que o entendimento seja visto como uma dinâmica desenvolvida por seres humanos no decorrer de um determinado período de tempo?***

Diante do exposto esta pesquisa de natureza qualitativa em Educação Matemática parte da seguinte interrogação: ***como alunos do 6º ano do Ensino Fundamental expressam alguns conceitos iniciais de frações próprias e impróprias a partir da aplicação de uma sequência de atividades após uma intervenção didática pautada nos planejamentos disponibilizados pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná?*** Para tanto apresentamos uma pesquisa bibliográfica a respeito de como o ensino e consequentemente a aprendizagem das frações são vistas pela literatura acadêmica em Educação Matemática. Em seguida apresentamos os resultados de uma pesquisa qualitativa e investigativa realizada com 12 alunos do 6º ano do Ensino Fundamental a partir da aplicação de uma sequência de atividades associada a uma sequência didática envolvendo algumas ideias iniciais de frações próprias e impróprias.

Atentos a essa perspectiva, este estudo teve como fundamento a explanação de aulas teóricas envolvendo as experiências dos estudantes que foram expostos por meio de três grupos composto por quatro estudantes cada um. As aulas expositivas foram pautadas nos planejamentos disponibilizados pela SEED – PR (Secretaria de Estado da Educação do Paraná) no que tange aos conhecimentos matemáticos a serem abordados no ano letivo de 2023.

A fim de alcançar o objetivo geral desta pesquisa que consiste em ***analisar como alunos do 6º ano do Ensino Fundamental expressam alguns conceitos iniciais de frações próprias e impróprias a partir da aplicação de uma sequência de atividades após uma intervenção didática pautada nos planejamentos disponibilizados pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná.*** este artigo foi estruturado nos seguintes tópicos:

- Ensino e Aprendizagem de Frações na Educação Básica: este tópico apresenta as relações entre ensino e aprendizagem diante do conteúdo de frações e suas aplicações na Educação Básica. Também citamos o que alguns documentos oficiais que norteiam o Ensino de Matemática no País trazem sobre o tema (PARANÁ, 2018; BRASIL, 2018). Na sequência buscamos na literatura condizente os olhares que alguns pesquisadores em Educação Matemática defendem sobre a temática dos conteúdos matemáticos estudados (LOPES, 2008; SCHEFFER; POWELL, 2019).
- Abordagem metodológica da pesquisa: nesta seção apresentamos a fundamentação teórica tanto da pesquisa qualitativa quanto dos pressupostos que amparam as análises dos dados empíricos da mesma (GODOY, 1995; BORBA; ANDRÉ, 2013; BORBA; ARAÚJO, 2013; MORAES, 2006; LUCCAS, 2011). Também registramos os caminhos e instrumentos da pesquisa realizada, abrindo as portas para a apresentação da análise dos dados coletados.
- Contexto da pesquisa e sequência didática: nesta etapa discorreremos sobre o local onde a pesquisa foi realizada, bem como o perfil dos alunos investigados. Também apresentamos a sequência de atividades que foi adaptada sob a ótica

da sequência didática de Zabala (1998) conduzida e mediada pelo professor-pesquisador. Nesse sentido, fazemos a exposição dos passos trilhados pelo autor deste artigo desde a primeira aula utilizada para a coleta de dados até o término da aplicação.

- **Análise dos dados:** sob esta seção registra-se o olhar do pesquisador a partir de análises nos dados coletados. Essas análises foram subsidiadas pelas análises empíricas e com detalhamento proporcionados pela Análise Textual Discursiva (MORAES, 2006; LUCCAS, 2011). Os dados foram coletados por meio da aplicação sequência de atividades descritivas proporcionadas pela avaliação diagnóstica, registro em diário de campo das sequências didáticas, práticas em expressões orais por meio de conversas e diálogos entre professor/pesquisador e estudantes e por fim, observações por meio de anotações de cunho crítico e reflexivo em bloco de notas com a utilização do celular.
- **Considerações finais:** consideramos que nesta etapa serão apresentadas as possíveis conclusões desta pesquisa, destacando os pontos positivos da mesma e acreditando na sua contribuição para o Ensino de Matemática, em particular para o ensino e aprendizagem das ideias iniciais de frações próprias e impróprias a partir do segundo ciclo do Ensino Fundamental. Nesta seção também evidenciamos a abordagem histórico-epistemológica (PINHEIRO; LUCCAS; LUCAS, 2019) evidenciando as reflexões associadas aos pensamentos e sinapses proporcionados na abordagem Histórico-Epistemológica da e das Matemáticas, não esquecendo das Ciências, proporcionando possibilidades para a elaboração de outras sequências didáticas com enfoque histórico sobre os números racionais.

Com base nesses paradigmas convidamos o leitor a se aventurar do desenvolvimento e nos resultados desta pesquisa, que propiciam momentos de muitas reflexões acerca dos diferentes registros explorados por 12 estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental, ao estudar algumas ideias iniciais de frações próprias e impróprias. Tais registros parecem ir ao encontro do que evidenciam algumas pesquisas em Educação Matemática a respeito das diferentes maneiras de expressar os números racionais em diferentes contextos.

## ENSINO E APRENDIZAGEM DE FRAÇÕES NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Segundo a Base Nacional Comum Curricular de Matemática (BNCC, 2018), as condições de gênese do conteúdo de frações se iniciam no 3º ano dos anos iniciais do Ensino Fundamental apresentando o significado de metade, terça parte, quarta parte, quinta parte e décima parte. Apresenta-se a seguinte habilidade de aprendizagem: (EF03MA09) Associar o quociente de uma divisão com resto zero de um número natural por 2, 3, 4, 5 e 10 às ideias de metade, terça, quarta, quinta e décima partes (BRASIL, 2018, p. 287).

Também encontramos o conteúdo de frações no 4º ano desse ciclo, quando se apresenta as ideias iniciais dos Números Racionais: frações unitárias mais usuais ( $1/2$ ,

1/3, 1/4, 1/5, 1/10 e 1/100). Nesse sentido, cita-se a seguinte habilidade de aprendizagem: (EF04MA09) Reconhecer as frações unitárias mais usuais (1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/10 e 1/100) como unidades de medida menores do que uma unidade, utilizando a reta numérica como recurso (BRASIL, 2018, p. 291).

Encontramos no mesmo documento alguns norteamentos para o ensino de frações no 5º ano, abordando a representação fracionária dos números racionais: reconhecimento, significados, leitura e representação na reta numérica, comparação e ordenação de números racionais na representação decimal e na fracionária utilizando a noção de equivalência e cálculo de porcentagens e representação fracionária. A respeito desses excertos se apresenta suas habilidades de aprendizagem:

(EF05MA03) Identificar e representar frações (menores e maiores que a unidade), associando-as ao resultado de uma divisão ou à ideia de parte de um todo, utilizando a reta numérica como recurso. (EF05MA04) Identificar frações equivalentes. (EF05MA05) Comparar e ordenar números racionais positivos (representações fracionária e decimal), relacionando-os a pontos na reta numérica (EF05MA06) Associar as representações 10%, 25%, 50%, 75% e 100% respectivamente à décima parte, quarta parte, metade, três quartos e um inteiro, para calcular porcentagens, utilizando estratégias pessoais, cálculo mental e calculadora, em contextos de educação financeira, entre outros (BRASIL, 2018, p. 295).

Por fim no 6º ano do Ensino Fundamental (alvo de nossa investigação) se encontra uma continuidade desse conteúdo ao passo que encontramos frações: significados (parte/todo, quociente), equivalência, comparação, adição e subtração; cálculo da fração de um número natural; adição e subtração de frações, operações (adição, subtração, multiplicação, divisão e potenciação) com números racionais associadas as seguintes habilidades de aprendizagem:

(EF06MA07) Compreender, comparar e ordenar frações associadas às ideias de partes de inteiros e resultado de divisão, identificando frações equivalentes. (EF06MA08) Reconhecer que os números racionais positivos podem ser expressos nas formas fracionária e decimal, estabelecer relações entre essas representações, passando de uma representação para outra, e relacioná-los a pontos na reta numérica. (EF06MA09) Resolver e elaborar problemas que envolvam o cálculo da fração de uma quantidade e cujo resultado seja um número natural, com e sem uso de calculadora. (EF06MA10) Resolver e elaborar problemas que envolvam adição ou subtração com números racionais positivos na representação fracionária (BRASIL, 2018, p. 301).

O estudo dos Números Racionais se inicia nos anos iniciais do Ensino Fundamental e segue com os estudantes até o Ensino Médio, quando se torna pré-requisito para a aprendizagem e aprofundamento de conteúdos relacionados a Álgebra e a Aritmética. Nesse sentido, se faz necessário uma base sólida já nos primeiros níveis de escolarização no que tange ao ensino de números fracionários “[...] entendendo que compreender a ontologia e o desenvolvimento das diferentes formas de representação para frações é de

interesse da Educação, principalmente nos campos que envolvem a Psicologia, incluindo a Psicologia do Desenvolvimento”. (SCHEFFER; POWELL, 2019, p. 477).

É notável que, ainda nos dias atuais, a ideia de fração é introduzida a partir da relação “parte-todo”, em que a unidade é dividida em partes iguais. É o que evidencia os planejamentos disponibilizados pela SEED – PR em que se aborda este conceito a partir de representações pictográficas com ênfase na percepção visual. Na visão de Kieren (1976) algumas interpretações para as frações devem ser contempladas, a saber: quociente, razão, operador e medida.

Além da percepção visual por meio de registros pictográficos, autores como Ziegler e Forques (2017) defendem a reta numérica para representação de números fracionários e essa ideia, “[...] além de ajudar a compreender a fração como um número, a utilização da reta numérica pode auxiliar na compreensão de conteúdos como equivalência e comparação de frações”. (SCHEFFER; POWELL, 2019, p. 480).

Entendemos a importância de apresentar as diferentes representações para o conceito e aplicação dos números racionais seja no formato decimal, fracionário e também com a utilização da reta numérica a partir da localização de diferentes pontos ligados a essa, para induzir os estudantes a terem uma aprendizagem heurística e global frente esse conteúdo. Entendemos os conhecimentos matemáticos em sua concepção original como sendo uma ação criada, desenvolvida e formalizada por seres humanos na coletividade ou interesses próprios e individuais daqueles que o produziram no decorrer de um determinado período de tempo. Essa constatação e visão do professor pode favorecer a aprendizagem matemática dos alunos (PINHEIRO; LUCCAS; LUCAS, 2019).

O ensino de números racionais tem a dinâmica de expressar diferentes representações e registros para uma mesma situação ligada ao conceito que é exposto pelo professor. Esses diferentes registros de representação fazem valer confecções com a realidade matemática inserida com “pés e nuances” na contextualização real e matemática e também nos propósitos inerentes a utilização das Tendências Metodológicas de Ensino da Educação Matemática (PARANÁ, 2008). Essas tendências podem implicar na contextualização e descontextualização do ensino de matemática, podendo ainda, propiciar um momento de práticas exploratórias em que as chamadas metodologias ativam se aperfeiçoam.

## **ABORDAGEM METODOLÓGICA DA PESQUISA**

Esta pesquisa se ampara na abordagem qualitativa na Educação Matemática em que há uma preocupação maior com os processos e as interações sociais entre o pesquisador e os sujeitos da pesquisa realizada, sendo que a análise é feita sob uma perspectiva integrada (GODOY, 1995).

Ainda segundo Godoy (1995) pesquisas qualitativas envolvem uma relação direta

com o pesquisador e o contexto social, sendo que muitas vezes os instrumentos para coleta de dados pode ser um gravador ou mesmo um bloco de notas. Nesse sentido propõe-se “captar” o fenômeno por meio do envolvimento de outras pessoas considerando todos os olhares relevantes.

Se referindo especificamente a pesquisas no campo educacional André (2013) nos revela que não é a atribuição de um nome que se estabelece um rigor metodológico e sim todo o processo dinâmico que permeia a pesquisa realizada. Entendemos que as pesquisas em Educação envolvem a interação entre os sujeitos sendo que o conhecimento é historicamente e socialmente construído atuando na realidade transformando-as e ao mesmo tempo sendo transformado por ela em que:

[...] a explicitação dos passos seguidos na realização da pesquisa, ou seja, a descrição clara e pormenorizada do caminho percorrido para alcançar os objetivos pretendidos, com a justificativa de cada opção feita. Isso sim é importante, porque revela a preocupação com o rigor científico do trabalho, ou seja: se foram ou não tomadas as devidas cautelas na escolha dos sujeitos, nos procedimentos de coleta e análise de dados, na elaboração e validação dos instrumentos, no tratamento de dados. Revela ainda a ética do pesquisador, que ao expor seus pontos de vista dá oportunidade ao leitor de julgar suas atitudes e valores (ANDRÉ, 2013, p. 96).

Esta pesquisa busca na literatura especializada fundamentos teóricos que sustentem metodologicamente a mesma, trazemos as características de pesquisas bibliográficas que segundo Gil (2010), trata-se de buscar os olhares a partir de um material já publicado. A vantagem desse tipo de pesquisa é oferecer ao pesquisador uma gama de fenômenos muito mais ampla do que se fosse ser pesquisado diretamente (GIL, 2010). As pesquisas bibliográficas podem assumir uma perspectiva mais abrangente em uma abordagem histórico-epistemológica pode enaltecer os percursos histórico no campo que norteia o conhecimento socialmente acumulado pela sociedade.

A abordagem histórico-epistemológica (PINHEIRO; LUCCAS; LUCAS, 2019) da Ciência e Matemática, pode nos propiciar ambientes de reflexões plausíveis e a partir de questionamentos que favorecem a leitura do remetente e ao mesmo tempo do emissor. Em suma buscar aperfeiçoar questionamentos de uma realidade histórica e inserida no contexto maior demonizado conhecimento. Esse regaste histórico para além da Epistemologia, pode ser encanado como fontes de pensamentos e reflexões sobre algum tema ou temática situada na ação de conhecer um conhecimento que até então era desconhecido.

Sobre a pesquisa documental, realizada em documentos oficiais que norteiam o Ensino de Matemática no Brasil, Gil (2010) defende que essa representa uma forma que pode se revestir de um caráter inovador, podendo trazer ricas contribuições no estudo de alguns temas, “além disso, os documentos normalmente são considerados importantes fontes de dados para outros tipos de estudos qualitativos, merecendo, portanto, atenção especial (GODOY, 1995, p. 21).

Há pouco mais de 30 anos Bicudo (1993) já salientava que as pesquisas em torno da Educação Matemática englobam as relações sociais e filosóficas diante do conhecimento matemático e suas aplicações no cotidiano escolar. Segundo a mesma autora, as pesquisas estão entrelaçadas na concepção de Ciência assumida pelo pesquisador, seja numa visão empírica, positivista ou fenomenológica. Na atualidade sabemos que se encontra na literatura outras vertentes associadas ao rigor metodológico de acordo com o objetivo de pesquisa ligado a agente que pesquisa, levando em consideração seus suportes epistemológicos e históricos.

Com as sementes na década de 80, a partir da década de 90 a Educação Matemática no Brasil começa a se fortificar nos debates acadêmicos a partir da publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais e nessa época Bicudo (1993) registra que a Educação Matemática envolve “... preocupações com o compreender a Matemática, com o fazer matemática, com as interpretações elaboradas sobre os significados sociais, culturais e históricos da Matemática (BICUDO, 1993, p. 19-20)”. A autora ainda salientou que esta definição deve estar articulada a ação político-pedagógica e conhecimentos de outras áreas do saber como Psicologia, História, Filosofia, e certamente, Matemática.

Bicudo (2012) corrobora ao salientar que é papel do pesquisador se dedicar a um processo de análise dos procedimentos que são adotados na pesquisa qualitativa e mais que isso entender que “... o processo de produção do conhecimento que está em marcha mediante suas atividades e, ainda, refletir sobre tais procedimentos em termos epistemológicos e ontológicos” (BICUDO, 2012, p. 17).

Os pressupostos da Análise Textual Discursiva (MORAES, 2006) estão inseridos numa perspectiva de leitura, releitura e análise dos discursos coletados pelo pesquisador e para tanto criam-se categorias temáticas elencando os paradigmas de persuasão em que os dados se inserem em lacunas específicas e diretamente interligadas aos materiais analisados.

**Segundo Moraes (2006):**

A impregnação se concretiza a partir leituras e releituras, transcrições, unitarização e categorização e especialmente a partir da escrita. “O processo é de intensa impregnação. Se assim não fosse não seria possível tamanha produção”. Esta manifestação indica que, uma escrita mais fluida e de qualidade, é produto de envolvimento e de impregnação intensos com os materiais da análise (MORAES, 2006, p. 121).

**Sobre as categorias de análise, Moraes (2006) enfatiza:**

Cada categoria representa um conceito dentro de uma rede de conceitos que pretende expressar novas compreensões. As categorias representam os nós de uma rede. O pesquisador ao tecer sua rede precisa preocupar-se especialmente com os nós, ou seja, os núcleos ou centros das categorias (MORAES, 2006, p. 125).



Acreditando no potencial do método de análise de dados de Moraes (2006), entendemos que esse explora de forma mais ampla e ao mesmo tempo detalhada dos dados qualitativos ligados a informações obtidas em documentos, entrevistas e mesmo observações participantes. Nesse sentido estudos realizados com esse método, ou seja, com a Análise Textual Discursiva nos garantem uma análise ramificada e detalhada dos dados empíricos, assim optaremos por organizar os dados de modo inicial em categorias temáticas, em que se descarrega os dados empíricos em unidades de significado, levando em conta suas hierarquias que ao entrelaçar-se com os dados nos remete à uma análise criteriosamente minuciosa e translúcida com a separação de dados em um contexto bilateral entre o pesquisador e o leitor.

## CONTEXTO DA PESQUISA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Para Zabala (1998) uma sequência didática é uma proposta de intervenção didática em que pode ser realizada uma sequência de atividades com objetivos conhecidos por professores e também pelos alunos. O mesmo autor apresenta uma série de unidades didáticas a serem exploradas pelo docente de acordo com seus objetivos didático-pedagógicos.

Nesse sentido propusemos a aplicação de sequências didáticas relacionadas aos conteúdos de números racionais, mais especificamente de frações e suas implicações que são desenvolvidas por professores paranaenses por meio dos planejamentos da Secretaria de Estado da Educação no Paraná (SEED – PR). Quando necessário as aulas foram adaptadas pelo docente favorecendo o aprofundamento dos conteúdos abordados. Também foram propostos questionamentos e indagações propiciadas por explanações históricas e epistemológicas, valorizando os conhecimentos da Educação do Campo em que os envolvidos no processo educacional fazem uso dos diferentes conjuntos de informações com a presença de provocações e criticidades, para além de informações histórico-epistemológicas. ***Quais a ordem de desenvolvimento dos conjuntos numéricos criados pelo homem? Em quais circunstâncias, razões e motivos foram elaborados?***

Sobre a abordagem dos conteúdos Zabala (1998) elenca quatro tipos: conceituais, factuais, procedimentais e atitudinais, sendo que esses podem ser abordados em uma perspectiva integrada e de acordo com a abordagem metodológica de ensino utilizada pelo professor e tendo como fins os processos avaliativos bem conduzidos e intencionalmente elaborados. Em sintonia com o autor entendemos que os alunos devem conectar conceitos novos com aqueles previamente conhecidos, portanto, os questionamentos feitos pelo professor foram fundamentais em todas as etapas da aplicação dessa sequência, oportunizando um ambiente coletivo de aprendizagem.

Este estudo de natureza qualitativa em Educação Matemática ocorreu em uma escola de Campo localizada no Norte do Paraná no ano letivo de 2023. Para tanto foram utilizados os planejamentos disponibilizados pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED-PR) durante o 2º trimestre no que refere aos conteúdos ligados aos números racionais, em particular frações. Ao total foram realizadas 10h/aulas para o desenvolvimento dos planejamentos e mais 2h/aulas para a realização da avaliação realizada em grupos.

De um modo geral as aulas foram abordadas de maneira expositiva e dialogada, promovendo questionamentos aos estudantes, sendo que registros foram realizados por meio de um diário de campo e coleta dos registros dos educandos. Ao término das explanações teóricas e práticas e indo para além das atividades e exercícios que foram realizados durante as aulas como forma de fixação dos conteúdos, o professor-pesquisador aplicou uma sequência de atividades como recurso avaliativo que foram realizadas por 12 alunos do 6º ano do Ensino Fundamental, sendo que estes foram divididos em grupos 3 grupos de 4 alunos cada um. A referida sequência de atividades foi aplicada e analisada à luz da Análise Textual Discursiva (MORAES, 2006)

A sequência de atividades interligadas à sequência didática foi amparada nos planejamentos disponibilizados pela SEED – PR e replanejas pelo docente de forma ativa e com abordagem metodológica subjacente a relação ensino e aprendizagem no contexto matemático de gênese vertical e também horizontal, sem desconsiderar a contextualização do ensino mediante as tendências metodológicas de ensino que ainda se encontram em Paraná (2008), documento esse que foi fundamental para a construção da prática pedagógica, pois se por lado a BNCC (2008) propõe a regularidade/linearidade do ensino de matemática, Paraná (2008) ainda propõe uma veiculação em que Matemática e Educação Matemática se intercalam.

A sequência de atividades foi mediada pela resolução de problemas em que as unidades de Zabala (1998) foram satisfatoriamente inclusivas no parâmetro torçal, ao propor reflexões sobre a prática pedagógica do pesquisador e inferir na reflexão dos estudantes. Ao se espelharem na ação cognoscente de questionar, questionar-se e questionarem o próprio ensino de frações por meio das sementes plantadas nos anos iniciais e induzidas e aperfeiçoadas no 6º ano.

Os nortes da avaliação diagnóstica se integram em manuseios de observação constante em que este estudo qualitativo e de cunho interpretativo, em que movemos estruturas racionais da cognição humana entre a Matemática e seu ensino. Um dos elementos mais importante para a aprendizagem é o fato de que o ensino foi à luz de uma metodologia ativa amparada pela Educação Matemática como campo de pesquisa em que ao mesmo tempo que se utiliza a contextualização, também se valoriza a descontextualização não perdendo a especificidade e rigor da Matemática. Esta linguagem própria que por si já rigorosa quando alimentadas por tecnologias que existiam e ainda existem na tendência tradicional, a exemplo, de lousa e giz ou caderno e lápis, afinal Educação é transformação e também conservação.

A estrutura da avaliação diagnostica (Quadro 1), pode ser observada a seguir, que será conduzida a partir dos objetivos específicos de cada questão, inserindo-se em um objetivo ainda maior que é alcançar indícios de aprendizagem a respeito do conteúdo de frações próprias e impróprias nos alunos de um 6º ano do Ensino Fundamental de uma escola de campo do estado do Paraná.

### FRAÇÕES E ALGUNS CONCEITOS – 6º ANO

- 1) Apresente algumas situações do dia a dia em utilizamos o conceito de frações.
- 2) Escreva como se lê cada fração que segue:
  - a)  $\frac{1}{2}$
  - b)  $\frac{5}{8}$
  - c)  $\frac{3}{10}$
  - d)  $\frac{4}{15}$
- 3) Expresse de alguma maneira seu entendimento acerca das seguintes frações:
  - a)  $\frac{3}{5}$
  - b)  $\frac{5}{3}$
- 4) Apresente uma maneira diferente para expressar:
  - a)  $\frac{7}{2}$
  - c)  $\frac{4}{7}$
- 5) a) Como dividir igualmente três lotes de terra com medidas iguais entre quatro irmãos herdeiros? Quanto cada irmão irá receber?  
b) Se cada lote tem 1328 m<sup>2</sup>, quanto receberá em m<sup>2</sup> cada irmão herdeiro?
- 6) Sabendo que em 2021  $\frac{2}{3}$  dos pacientes internados em UTI morreram no Brasil por conta da pandemia do covid-19 e 468 leitos em Curitiba, estavam ocupados. Qual é a estimativa de mortes nesse período na capital paranaense?
- 7) Qual fração é menor  $\frac{7}{8}$  ou  $\frac{5}{8}$ ?  
Por quê?
- 8) Qual fração é maior? Expresse sua ideia de alguma maneira e depois organize as frações em ordem crescente.
  - a)  $\frac{1}{2}$
  - b)  $\frac{3}{4}$
  - c)  $\frac{5}{3}$
- 9) Analise as frações  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{4}$  e  $\frac{3}{6}$  quais as suas conclusões diante dessas?
- 10) Explique com suas palavras: o que você entende por frações?

Quadro 1: sequência de atividades aplicada ao término na sequência didática

Fonte: Rafael Marques Pinheiro, adaptado de SEED – PR (2023)

A coleta de dados envolveu aproximadamente o segundo semestre de 2023 na disciplina de Matemática, em anotações no diário de campo que foram proporcionadas pelo professor/pesquisador, e por fim como avaliação diagnóstica (BURIASCO, 1999) com práticas investigativas no ensino e aprendizagem (BURISASCO; FERREIRA; CIANI, 2009).

A aplicação foi realizada no último dia de aula da aplicação, sendo que como já sinalizado, os alunos tiveram autonomia de se organizarem em três grupos de até quatro alunos, em que o diálogo em pares também foi permitido. Os alunos poderiam organizar os seus registros escritos de maneira arbitrária e condizente com as realidades e indícios de aprendizagem de cada grupo. Sinteticamente podemos analisar a estrutura das aulas da seguinte forma:

Ensino	Reflexão crítica (histórico-epistemológica)	Aprendizagem
<ul style="list-style-type: none"> <li>Aulas presencias de 50 min cada uma durante o segundo semestre de 2023;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Questionamentos individuais e coletivos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise realizada oralmente.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilização e adaptação dos slides disponibilizados pela SEED – PR (2023).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indagação coletiva respeitando a maturação dentro da Epistemologia Genética de Jean Piaget;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registros no caderno dos pontos mais importantes das aulas enfatizados pelo professor.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Questionamentos inclusivos e críticos do ponto de vista matemático e fora dele.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condução por pares nas anotações individuais por meio da linguagem natural;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Autoavaliação e avaliação para com os colegas de classe;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realização de exercícios no contexto puramente matemático e posteriormente em contextos do cotidiano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestos e jogos de linguagem alimentados pela noção de liderança;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compreender-se matematicamente por meio de registros em linguagem matemática e posterior realização de atividades exploratórias.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realização de atividades de cunho exploratório;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exposições orais e individuais dos membros dos grupos de alunos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manifestação individual e coletiva dos problemas e exercícios elencados;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Solicitação de tarefas de casa com o reforço positivo/negativo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atribuição de “estrelas” no caderno de formas individuais;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reforços positivos/negativos de acordo com a realização das tarefas solicitadas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realização da avaliação diagnóstica sobre os conceitos iniciais de frações próprias e impróprias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Problemática do ensino em forma de alguns conceitos iniciais de frações.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise do que os e como os alunos se expressaram frente as propostas de ensino.</li> </ul>

Quadro 2: estrutura das aulas lecionadas

Fonte: inspirada em Zabala (1998)

Com essa tabela, acreditamos informar o leitor por meio de uma lupa visualizadora de planejamentos que podem ser refeitos e intencionalmente reelaborados, e ainda avaliação realizado por meio de uma “teia” de organização dos conteúdos que em tópicos estão sendo avaliados. As avaliações acarretam a necessidade de endossar de forma justa e igualitária a todos os alunos e até mesmo não-alunos inseridos no contexto educacional. Com base nessas ideias entendemos mais ainda: ***avaliação como um campo minado em constante investigação na formação de conceitos matemáticos que podem gerar dados também diagnósticos nos envolvidos no processo educacional que se manifestam por meio de indícios de aprendizagem em pares com um objetivo em comum – ensinar e aprender – à luz dos parâmetros norteadores e herméticos em avaliações educacionais no ensino de Ciências e Educação Matemática.***

## PESQUISA E ENSINO: ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados será por meio da Análise Textual Discursiva (MORAES, 2006) por ser meramente minuciosa, proporcionando o detalhamento dos dados empíricos inerentes à pesquisa realizada. Por meio de leituras e releituras iniciais e a fim de orientar os dados ligados as discussões mentais dos alunos categorias são organizadas a fim de se compreender e alcançar os objetivos da pesquisa.

Categoria 1 ***“Utilização de Números Racionais em diferentes contextos”***, em que as análises serão consideradas adequadas, parcialmente adequadas e inadequadas (LUCCAS, 2011). Considera-se os registros dos estudantes que utilizaram frações próprias e impróprias, números racionais na forma decimal e até mesmo na reta numérica por meio de indícios da localização de pontos na mesma, e para tanto, poderiam inclusive, utilizar a linguagem natural e transcrição para a linguagem matemática e pictóricas das questões atribuídas na avaliação diagnóstica.

Tomando posse dos dados optamos por enfatizar ainda mais os registros, considerando **1) a) “adequado”**, todos os registros simbólicos dos alunos codificados (A1, A2, A3...) a fim de manterem suas identidades sigilosas. Esses que, por fim solucionaram os exercícios ou atividades e encontraram uma resposta condizente e responsável diante do que foi proposto na sequência de atividades sendo válidas também as questões que se submeteram a respostas aproximadas.

Categoria **1) b) “parcialmente adequado”**, consideramos as respostas que emitem sinais de aparente por meio do contexto matemático, atravessando até mesmo o contexto não matemático. São respostas flexíveis e que merecem pontos de atenção do professor/pesquisador em, que as análises dos erros devem se sobressair. Nessa unidade de contexto, pode-se não se chegar a uma resposta aceitável, mas o processo no percurso é mais válido que o produto final.

Por fim, a categoria **1) c) “inadequado”**, consideramos as respostas altamente errôneas e com respostas finais inadequadas ao contexto da sequência didática mediada e com a aplicação da sequência de atividades. São respostas “obscuras” que não emitem solução real e propriamente dita, no contexto em que as mesmas foram inseridas.

Sinteticamente as categorias foram embarcadas levando em consideração o objetivo de propósito da pesquisa: ***como alunos do 6º ano do Ensino Fundamental expressam alguns conceitos iniciais de frações próprias e impróprias a partir da aplicação de uma sequência de atividades após uma intervenção didática pautada nos planejamentos disponibilizados pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná?***

Este objetivo será discutido durante o desenvolvimento e considerações finais deste estudo, em que análises reflexivas, principalmente nas considerações finais, serão subsidiadas pelas possibilidades de elaboração de outras sequências didáticas proporcionadas pela abordagem metodológica de pesquisa e ensino histórico-

epistemológica (PINHEIRO; LUCCAS, LUCAS, 2019), destacando também os olhares do autor, acerca da capacidade heurística e reflexiva do ensino e aprendizagem de números racionais, em particular frações, ou seja, nas variadas representações: frações, números decimais e utilização da reta numérica, dentre outros.

A síntese descritiva dos dados envolve um norteamto em que os dados emergiram de práticas efetivas em sala de aula, mas ***qual é o papel da abordagem metodológica de ensino e seus pressupostos na Análise Textual Discursiva em que os nortes sejam o ensino e a aprendizagem?*** Ao que nos parece a Análise Textual Discursiva também pode contribuir com práticas avaliativas em sala de aula em que educandos e professores se entrelaçam na ação de avaliar a autoavaliar-se.

As pesquisas utilizando as ideias da abordagem histórico-epistemológica podem enriquecer ainda mais os trabalhos em sala de aula e pesquisas em Educação Matemática e enaltecer estudos permitindo reconhecer e encontrar os reflexos de contextos históricos dos números racionais com ênfase na Educação Básica. Trata-se por tanto de uma possibilidade de rastrear contextos históricos da temática do conhecimento, produzir uma sequência didática intencionalmente elaborada e aplicar na Educação Básica. Entendo o porquê as criações humanas foram elaboradas no desenvolvimento da humanidade, entende-se melhor os conhecimentos atuais em Ciências e Matemática (PINHEIRO; LUCCAS; LUCAS, 2019)

Levando em conta contextos históricos (BOYER, 2012; IFRAH, 2010) surgem-nos reflexões epistemológicas a respeito da a escrita dos algarismos indo-arábicos. Por meio de uma reconstrução histórico-epistemológica, percebe-se que pode estar havendo percepções de mudanças nos traçados desses algarismos podendo ser percebidos no século XXI da nossa era. Hipoteticamente sinalizamos que podem estar havendo evoluções nesses traçados na dinâmica que permeia tais registros. Basta observarmos os traçados dos dez algarismos quando escritos na forma que conhecemos hoje e comparados aos emitidos pela mídia de internet, por exemplo. Esses traçados que são reconhecidos pelas mídias de comunicação diferem dos quando utilizados às mãos humanas. Nos atentemos em especial aos algarismos 4 e 7 (escritos à mão), e suas possíveis evoluções diante dos traçados 0,1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9. ***Estariam esses traçados sendo conduzidos pela evolução?***

Em cada excerto inserido nas categorias já citadas foram selecionados três tópicos, sendo que esses foram exemplificadas por meio de uma análise criteriosa nos estudos de nossa pesquisa. Sendo assim, os três grupos que tinham quatro estudantes cada, foram selecionados um registro por grupo, entendendo que as resoluções das atividades foram realizadas em pares e de forma coletiva.

Articulando individualidade a coletividade socialmente e epistemologicamente construída, denominamos de codificação G1 (grupo 1), G2 (grupo 2) e G (grupo 3). Os estudantes expuseram seus olhares frente as diferentes representações e linguagens para os números racionais, o qual é condizente com a literatura científica amparada neste artigo de cunho qualitativo em Educação Matemática e com dados reflexivos e cunho interpretativo em que as proposições foram levantadas por meio dos alunos e analisadas pelo professor/pesquisador nesta pesquisa que se entrelaçam de maneira efetiva, significativa e logica em quaisquer que forem os contextos do ensino e aprendizagem, e as linguagens da Matemática.

Este estudo teve como gênese uma situação objetivada pelo problema de pesquisa: ***como alunos do 6º ano do Ensino Fundamental expressam alguns conceitos iniciais de frações próprias e impróprias a partir da aplicação de uma sequência de atividades após uma intervenção didática pautada nos planejamentos disponibilizados pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná?*** Para tanto, recorremos em situações que inibiram a matemática na Educação Matemática, citando autores que estudaram os números racionais e suas diferentes representações atribuindo linguagens específicas para cada caso em estudo.

Para abordagem metodológica da pesquisa com pressupostos qualitativos em Educação Matemática e com semblante em pesquisas bibliográfica, consultando documentos e autores que as defende nas situações mediadas pela sequência didática (planejamento do 6º ano/SEED/PR – 2023). Nesse sentido, Zabala (1998) nos auxiliou na mediação dessa sequência, abrindo horizontes para a avaliação diagnóstica aplicada ao término da postura didático-pedagógica em meados com o planejamento/replanejamento que fortifica e deve fortificar ainda mais a autonomia do professor em sala de aula e para além disso não poderíamos deixar de mencionar a abordagem metodológica de pesquisa Histórico-Epistemológica em abordagens históricos-epistemológicas como sugestões para mediação do processo de ensino e aprendizagem dos números racionais em sequências didáticas futuras.

Abordando situações em didática, a sequência didática foi amparada pelos norteamentos que SEED – PR (2023) disponibiliza aos professores paranaenses como suporte de ensino, em que o mesmo pode realizar adaptações, entendendo que slide é apoio e não receita para alimentar as aprendizagens dos alunos. Esses materiais é uma forte conquista para os professores paranaenses na unificação do ensino, pois a partir da aquisição desse material, o docente tem mais tempo para se dedicar à prática reflexiva de sua ação. O planejamento embora seja flexível, é a capacidade heurística e global para professores exercer com maestria a ação docente de sua própria reflexão pertencente “ao seu eu”.

Se tratando ainda mais profundamente na fundamentação teórica, buscamos citar autores que estudam de fato em suas pesquisas o ensino e a aprendizagem em matemática, em especial o conteúdo de frações em suas ramificações. Entendemos que esses conhecimentos são primordiais para o desenvolvimento integral dos alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental, e para além disso, alunos do segundo ciclo do Ensino Fundamental e não esquecendo a particularidade do Ensino Médio, nas disciplinas envolvendo Matemática, seja na Educação Básica e em alguns casos Ensino Superior.

A seguir serão apresentados os objetivos de cada questão da avaliação diagnóstica (Quadro 2), que foi utilizada a fim de nortear e alcançar a aprendizagem inerentes a essas situações didáticas. Hipoteticamente as situações de ensino e condução da aprendizagem que serão evidenciadas por meio das subseqüentes análises dos dados:

QUESTÕES	OBEJTIVO
1	• Relacionar o conceito genérico de frações em situações do cotidiano possivelmente vivenciado pelos estudantes.
2	• Escrever a leitura de frações próprias, impróprias e frações decimais.
3	• Expressar seus entendimentos de frações por meio de algum modelo matemático.
4	• Expressar matematicamente ou não por meio de um registro interligado ao conteúdo de frações.
5	• Utilizar conhecimentos fracionários em situações contextualizadas da Educação do Campo.
6	• Problematicar conhecimentos fracionários em situações contextualizadas envolvendo a Pandemia do Covid-19.
7	• Estabelecer a relação de $>$ e $<$ em frações com denominadores comuns.
8	• Expor ideias fracionárias em outros modelos matemáticos e organizá-los em ordem crescente.
9	• Aplicar o algoritmo e entender a ideia de frações equivalentes.
10	• Articular de alguma linguagem os seus entendimentos pela palavra “frações” e relacionar com o pensamento e reflexão.

Quadro 2: objetivos de cada questão da avaliação diagnóstica

Fonte: Rafael Marques Pinheiro

Para as dez questões, com seus objetivos anteriormente estabelecidos, optamos por descrever essas, nos intensificando a mencionar nossos anseios e o que esperamos com tais questões, reforçando fortemente as categorias apropriadas e indo para além dos objetivos específicos ligados à cada questão. Entendemos “modelo” citado no objetivo da questão 3, nos pressupostos da Modelagem Matemática (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012).

As questões de número 1, 3 e 4 tinha como anseios, que os alunos expressassem de alguma maneira e por meio dos diferentes registros de representação as elucidações para os elementos dos conjuntos dos números racionais: frações, decimais e utilização da reta numérica, dentre outras...



A questão número 2, esperamos a percepção de relacionar o entendimento dos alunos em relação a leitura e a escrita de frações próprias, impróprias e especiais, fazendo um amparo interdisciplinar com a Língua Portuguesa. Esperamos com essa questão que o alunado escreva corretamente as conduções por meio da norma culta da Língua Portuguesa do Brasil, por tanto uma ação interdisciplinar.

A questão a) do número 5, necessita de utilizações dos algoritmos de manipulação de frações e seus elementos por meio das operações matemáticas fundamentais, a saber, multiplicação e divisão. O contexto da questão estava relacionado a lotes em compra e venda, realidade do campo. Sendo a questão b) já estava a resposta implícita na própria leitura da questão, ou seja, tinha cunho complementarmente interpretativo, ou seja, “se cada lote tem 1328 m<sup>2</sup>, quanto receberá em m<sup>2</sup> cada irmão?”

Fatores similares abordam a questão 5, exercem a mesma condição na questão de número 6, mas nesse momento utilizando o contexto da Pandemia do Covid-19. Nessa questão fica evidente no enunciado que os grupos poderiam encontrar valores exatos ou mesmo aproximados em relação a esses dados matemáticos por meio da problemática na resolução de problemas.

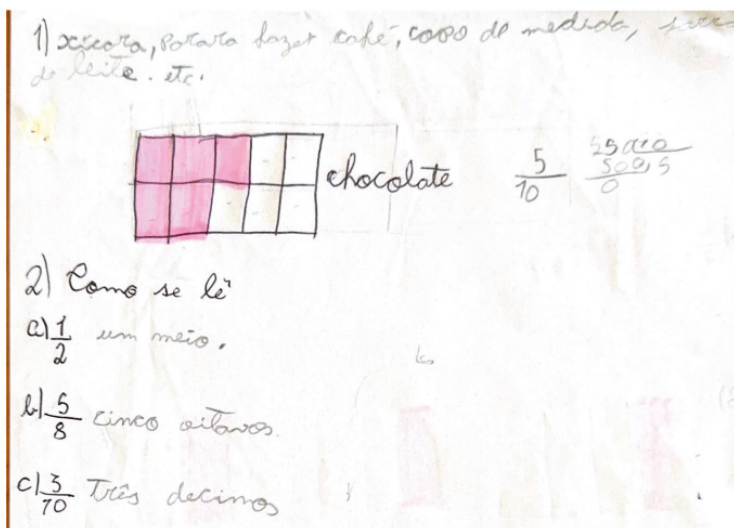
Neste momento daremos ênfase na análise descritiva dos dados, em que o professor fará por meio da Análise Textual Discursiva. A partir da leitura detalhada dos dados empíricos da pesquisa, sentimos a necessidade de criar uma unidade de registro e três unidades de contexto, conforme (Quadro 2), esse quadro serve de suporte para a organização dos dados nas categorias de contexto, entendendo também os percentuais de possíveis erros e acertos. Organizamos o quadro que segue, para proporcionar ao leitor dinâmicas que poder serem melhor entendidas a partir de uma visualização dos dados de forma inicial, o que Bardin (2009) definiu como leitura flutuante.

<b>Utilização de números racionais em diferentes contextos</b>	<b>Adequado</b>	A1, A2, A3, A4, A9, A10, A11, A12 Aproximadamente 66,66%
	<b>Parcialmente Adequado</b>	A5, A6, A7, A8 Aproximadamente 33,33%
	<b>Inadequado</b>	Não houve questões

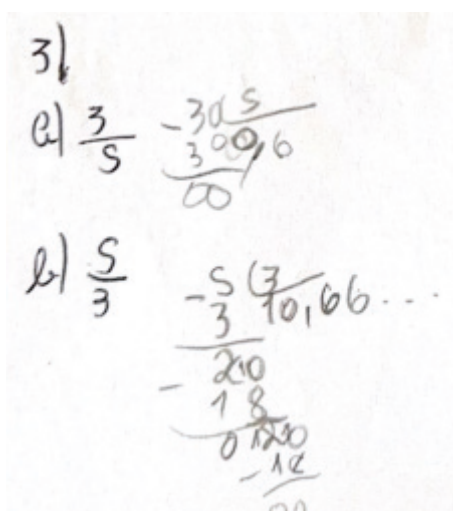
Quadro 2: Unidade de registro e unidades de contexto

Fonte: adaptado de Luccas (2011)

Seguem os anexos de A1 (aluno 1) do G1 (grupo 1):



Observamos que a questão 1 traz como resposta diferentes registros envolvendo inclusive culinária, sendo inserida na análise de registro **utiliza números racionais em seus diferentes contextos**, que podem ser inseridas todas as questões envolvidas nas diferentes representações para o conjunto dos números racionais. E para a expressão dos dados A1 faz um registro pictórico envolvendo a fração  $\frac{5}{10}$ , ou seja, a metade de um todo. A1 ainda registra a divisão ao lado, encontrando a representação decimal dessa fração. A partir da questão 2, observamos a escrita corretamente das frações de maneira correta, inclusive agregando de forma culta a Língua Portuguesa, consideradas então a unidade de contexto **adequada**.



A questão 3 pode ser agregada na mesma unidade de registro negritada anteriormente, pois A1 utiliza o algoritmo formal da divisão, “transformando”  $\frac{3}{5}$  em 0,6 (seis décimos). A próxima questão dessa seção percebemos um erro na divisão, mas A1 parece entender que se trata de uma dízima periódica, cria-se então a unidade de contexto **parcialmente adequada** para o aluno A1 que faz confusões ao dividir o numerador pelo denominador na letra b.

Handwritten work for question 3:

a)  $\frac{7}{2}$

$$\begin{array}{r} 3,5 \\ 2 \overline{) 7} \\ \underline{6} \phantom{0} \\ 10 \\ \underline{10} \\ 0 \end{array}$$

b)  $\frac{4}{7}$

$$\begin{array}{r} 350,57... \\ 7 \overline{) 4} \\ \underline{35} \phantom{0} \\ 050 \\ \underline{49} \\ 11 \end{array}$$

A questão 4 envolvia a criatividade de cada grupo ao tentar expor outras maneiras de representar as frações acima, no caso da 1ª fração, percebemos que A1 expressa de maneira assertiva a estabelecendo a representação decimal para  $\frac{7}{2}$  sendo 3,5 e para a outra fração segue também o mesmo algoritmo padronizado encontrando a ideia de aproximadamente 0,57... (com as reticências), o que contribui com indícios que o aluno pode saber operar com um número irracional, com infinitas casas decimais. Elencamos esta questão na mesma na mesma unidade de contexto, enfatizando ainda que se trata de uma questão considerada **adequada**.

S)

$\frac{1}{4}$        $\frac{1}{4}$        $\frac{1}{4}$

8- cada irmão ~ ai receber  $\frac{1}{4}$  de cada lote. ou seja  $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$  o total  $\frac{1}{4}$  de cada lote. ou

A) -  $\overline{28075}$   
 $\begin{array}{r} 28075 \\ - 20 \\ \hline 28055 \end{array}$

B) -  $\overline{7328}$   
 $\begin{array}{r} 7328 \\ - 72 \\ \hline 012 \\ - 12 \\ \hline 008 \\ - 8 \\ \hline 0 \end{array}$

B) cada irmão receberá 996m<sup>2</sup>.

b)  $\overline{468}$   
 $\begin{array}{r} 468 \\ - 3 \\ \hline 76 \\ - 76 \\ \hline 018 \\ - 18 \\ \hline 0 \end{array}$

A questão 5a) e b) traz uma perspectiva de divisão de lotes, contemplando a ideia da Educação do Campo, área específica do colégio onde os alunos estudam. Ao observarmos a resolução da atividade, podemos perceber que A1 realiza três lotes com dimensões aparentemente iguais, e divide cada um em quatro partes, que é equivalente a  $\frac{1}{4}$  de cada lote. Mais que isso utiliza a linguagem natural para expressar e fortificar a ideia desejada finalizando com operações matemáticas fundamentais para solucionar ambas as questões “a e b” a serem consideradas **adequada**.

b)

$$\begin{array}{r} 468 \overline{) 13156} \\ \underline{-3} \phantom{00} \\ 76 \phantom{00} \\ \underline{-76} \phantom{00} \\ 018 \phantom{00} \\ \underline{-18} \phantom{00} \\ 0 \end{array}$$

A questão 6 envolvia o contexto da pandemia do covid-19 e se trata de uma adaptação encontrada nos planejamentos da SEED – PR (2023). Observamos mais uma vez, a consideração de questão **adequada**, pois A1 divide os 468 que representam os leitos disponíveis pelo denominador 3 sendo que representam os pacientes internados, depois utiliza a multiplicação pelo 2 que é o numerador da fração em evidência, ou seja,  $\frac{2}{3}$  e estima que 312 serão a estimativa de mortes paranaenses.

7)  $\frac{5}{8}$  é menor, porque o numerador é menor  
 que o  $\frac{7}{8}$ .

8)

a)  $\frac{1}{2} = \frac{10 \cdot 2}{10 \cdot 0,5}$

$1,6 > 0,75 > 0,5$

b)  $\frac{3}{4} = \frac{30 \cdot 4}{30 \cdot 0,75}$

c)  $\frac{5}{3} = \frac{5 \cdot 3}{3 \cdot 1,6...}$

A1: se simplificarmos chegamos ao mesmo resultado.

a) 3

A questão 7 envolvia a capacidade de reflexão dos alunos, em que se indagava qual a fração que representava um valor menor, ambas, com denominadores iguais. A1 enfatiza em linguagem natural a resposta final esperada, e, portanto, consideramos a resposta **adequada**.

A questão 8 com três exercícios solicitava para os alunos escreverem de outras formas a prestação fracionária de frações próprias e impróprias. Percebemos mais uma vez a questão considerada **adequada**, pois além de utilizar o algoritmo da divisão e com ideias de aproximação, A1 delimita corretamente utilizando símbolos matemáticos que  $1,6 > 0,75 > 0,5$ .

A1: se simplificarmos chegamos ao mesmo resultado.

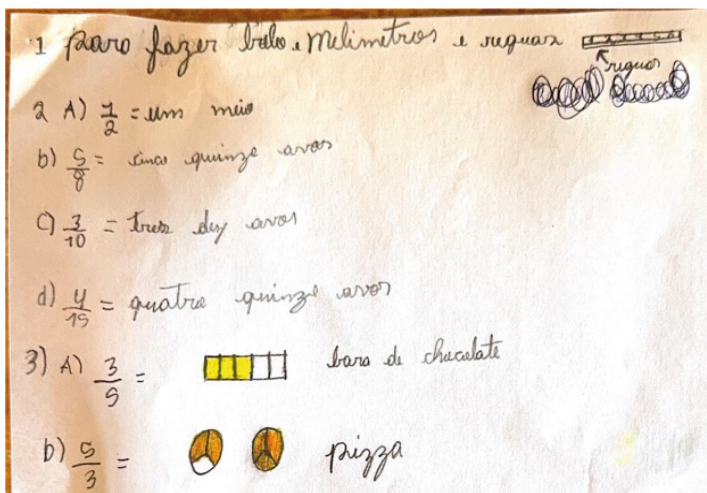
9) Eu entendo que fração é muito importante  
 pelo cozinheiro e os estudos.

A questão 9, denominada “letra a” no registro de A1, nos remete a crença de entendimento por parte do estudante que a partir do seu esboço em linguagem natural, que se tratam de frações equivalentes, pois na escrita de A1 “se simplificarmos chegamos ao mesmo resultado”, portanto questão mais uma vez considerada **adequada**. Registramos que as diferentes linguagens associadas pelos alunos pesquisados se referem à prática vivenciada e posicionada pelo docente que utilizou como complemento de metodologia ativa, a abordagem metodológica de ensino histórico-epistemológica, propiciando aos estudantes a ambiguidade de reflexões a partir de questionamentos ontológicos e axiologicamente produzidos.

A décima e última questão denominada com “9” também considerada **adequada**, pois remetia a um entendimento próprio e pessoal em que A1 associa a importância dos conteúdos pesquisados provavelmente em receitas culinárias, ou seja, “cozinha”, e obviamente para a progressão em seus estudos matemáticos. A ideia de contextualização empreendia neste artigo, envolve ocasionalmente de situações reais e ligadas a realidade dos estudantes, sem se limitar a exemplos errôneos e fora no contexto real, sem desconsiderar o contexto puramente matemático.

Entendendo que a avaliação se tratava de uma avaliação diagnóstica em pares, poderia ser utilizada a “consultas” aos colegas desde que pertencesse ao mesmo grupo. Utilizando a simplificação de dados, deciframos que A2, A3 e A4 considera-se também **adequados**, pois seguem a mesma linha de raciocínio de A1, usando para tanto, registros pictóricos, representações decimais de números racionais e sua contextualização em situações da realidade em que os alunos estão inseridos. Compreende-se e complementa-se os adequados como sendo todas aquelas resoluções, que os alunos e professores interpretam a realidade matemática por meio de signos e outros modelos matemáticos, se obtendo uma resolução final correta para a essa questão.

Observemos os registros do aluno codificado como A5:



A5 inicia as resoluções de suas questões com as relações também, de frações exemplificadas no cotidiano, citando também milímetros e régua (que estão relacionadas). Na questão número 2, podemos observar erros ao nomear as frações, incluindo as especiais, fato que justifica A5 ser intercalado na unidade de contexto **parcialmente adequada**. Na questão número 3, A5 evidencia por registros pictóricos e elege na linguagem natural como “barra de chocolate” e “pizza” situações aparentes a sua cognição de forma correta para tais registros, observamos que  $\frac{5}{3}$  está entrelaçado a “comer” uma pizza inteira e mais dois pedaços de uma outra”.

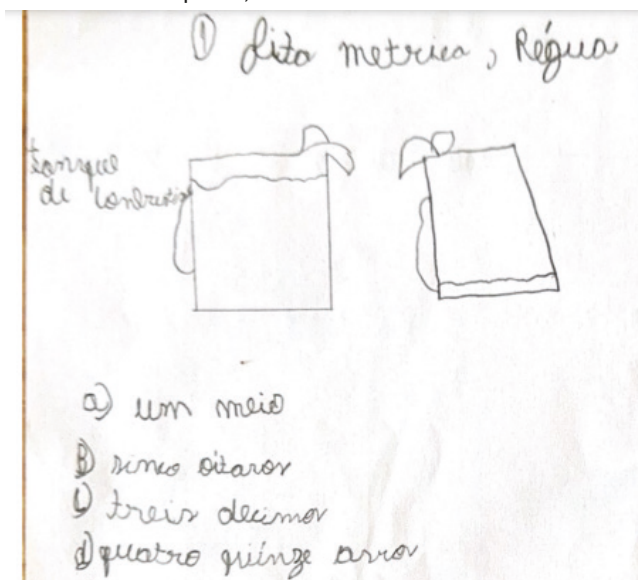


Na questão 5a), oferece indícios de aprendizagem fora do contexto matemático e para além deles, ao registrar uma parte pictórica pintada de verde, que diz considerar “esse não vale!”. Ressalta ainda em linguagem materna seu raciocínio, que foi conduzido por operações matemáticas fundamentais de multiplicação e divisão que são operações inversas. Por fim, como observaremos abaixo na questão 5) b) A5 realiza mais uma operação de “divisão” esquecendo de estabelecer seus elementos, talvez para realizar uma “prova real da operação”

Observa-se ainda que na questão 6, que envolvia a pandemia do covid-19, os alunos encontram por meio da divisão o valor de 312 e por meio de um registro em forma de esboço, não deixando claro (por meio das flechas) quais seriam os reais valores dos pacientes que morreram, ou ainda, quantos leitos estavam disponíveis.

Envolvendo a questão 7, A5 não deixa nada que evidencie seu entendimento de qual fração de denominador comum é maior ou menor, pois utiliza o conectivo ou, trazendo outro registro em forma de “desenho” para reforçar suas ideias. Na questão número 8, nada se pode considerar, para além daqueles em se analisa os erros dos estudantes a fim de aprimorar-se à prática educativa em avaliação educacional, raciocínios matemáticos podem ser observados na questão 9, em que A5 não traz uma ordem organizada e evidentes que frações se trata de “um todo dividido em partes iguais”. Por fim, na questão de número 10, deixa claro em linguagem materna “eu entendo que tem que fazer conta”, sinalizando ideias do contexto puramente matemático. Tais ocorrências deixam claro que a categoria da unidade de registro é **parcialmente adequada**. Situações são semelhantes a A6, A7 e A8, em que ocorre a simplificação de dados, em que uns dizem não serem benéficas para pesquisas qualitativas, mas em nosso caso será válida uma vez que os estamos nos pressupostos da avaliação diagnóstica por pares, como anotamos nos registros abaixo de A5.

A7 (como foi codificado) o aluno que se insere em outro grupo, por meio da aprendizagem em pares, iniciamos salientando as questões 1, 2 e 3. Na primeira, A7 relaciona as ideias fracionárias em fita métrica e régua (utensílios de medida), e além disso ainda “desenha” duas bombas de posto de gasolina a qual descreve com linguagem natural “tanque de combustível”. As questões denominadas como 2, podemos observar a escrita corretamente feita a respeito das frações próprias e impróprias. Já nas questões 3 e 4, enfatizamos que o grupo relacionou a ideia de frações (números racionais) com a utilização da reta numérica, fato, que como já salientado é amparado pelos autores renomados do assunto e também pelos currículos brasileiros, a qual nos planejamentos da SEED – PR (2023), já estava sendo contemplado, observemos os excertos abaixo:



Na questão de número 5) a), o grupo faz a opção de destacar os “quadrados em verde” e considera-os os brancos como partes de um todo e o raciocínio matemático está correto ao enfatizar que cada irmão receberá  $\frac{1}{4}$  de cada lote ou cada irmão receberá  $\frac{3}{4}$  considerando cada lote em específico e enfatizam em linguagem materna que “cada irmão vai pegar três partes de um inteiro e sobra mais  $\frac{1}{4}$  para cada. A resolução da questão 5) b) não foi encontrada nos registros dos estudantes, o que não pode ser considerado como errado e nem como omissão da resposta.

A questão de número 6, engloba raciocínios semelhante ao grupo anteriormente analisado em que o grupo representado por A7, determina que a divisão euclidiana, tem-se como divisor o denominador 3 da fração utilizada no contexto da pandemia do covid-19. O grupo esboça três quadrados sendo que cada um representa 156, considerando duas dessas partes ao serem somadas se tem um total de 312 mortes. A questão 7, fica evidente que pela escrita em Língua Portuguesa que o grupo compreendeu que em frações de denominadores iguais, considera-se apenas o numerador na análise subjuntiva, “pois o numerador é menor” ressalta o grupo.



$\oplus$   $\frac{1}{9}$  porque o numerador é menor o zero

Sobre a questão 8, mais uma vez contava com a criatividade em ação dos estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental, em quer para além da criatividade, utilizarem raciocínios matemáticos para salientar e registrar números racionais em formato de fração em ordem crescente. A7 representado seus grupos, mais uma vez utiliza a reta numérica como suporte didático para a aprendizagem dos números racionais fracionário e transformações decimais de aproximação de pontos que, embora não tenham sido mencionados, faz valia à nossa pesquisa.

A questão 9, apresenta um resumo sintético do que se propõe o grupo na ideia de frações, “são equivalentes”. Essa resposta sintética, também é ocasionada na última questão (número 10) em que os grupos teriam que descrever em linguagem materna a indagação matemática proposta na indagação: “são respostas de algo”, reflete o grupo. Consideramos e reforçamos dessa forma, a ocorrência da unidade de contexto **parcialmente adequada**, já que não estamos avaliando questões específicas e sim as avaliações de forma integrada.

Iniciemos nossa análise com o A8, que repensando no seu grupo, nos estabelece uma relação de conjuntura em que os elementos analíticos se sobressaem. Na questão 1, o mesmo estabelece relações também com culinária, estabelecendo utensílios de medida. Para além da linguagem natural, A8 esboça uma espécie de elemento pictórico para representar  $\frac{3}{4}$  e também sua equivalência em decimal, utilizando o algoritmo formal da divisão.

Na questão de número 2, estabelece corretamente como se leem as frações, tendo apenas esquecido de uma letra na leitura  $\frac{4}{15}$  (quatro quinze avos). Analisando essa questão percebemos que na letra a) A8 poderia ter registrado apenas “meio”. Mas não justifica a questão a ser considerada como errada, entendendo os nuances justapostos e meramente subjacente na questão, portanto ambas consideradas **adequadas**.

Nas questões 3 e 4, percebemos a utilização dos algoritmos de divisão para salientar os diferentes registros de representação utilizados nas linguagens escritas interligadas às questões. Entendemos tais registros como sendo de origem pierciana em que se sobressai também a escrita decimal e até mesmo dízimas periódicas, e possível entendimento de números irracionais. ***Há uma definição do que são os elementos do conjunto dos números irracionais? Ao que nos parece só se apresentam as proposições de negação sobre esse tema, ou seja, “sabemos apenas o que os números irracionais não são”, ou seja, são aqueles números que não podem ser colocados no formato  $\frac{p}{q}$ .***

Na questão 5 a), A8 utiliza o registro de três retângulos para representar os três lotes do terreno a ser disputado por cada irmão, evidencia de cor azul os lotes que cada irmão pretende receber, ou seja,  $\frac{1}{4}$  e ainda soma essas frações como a adição de três fatores iguais, resultando em  $\frac{3}{4}$ , o que favorece a questão 3, 4 e 5 como sendo **adequadas**. Sobre a questão b) do número 5, faz os cálculos corretamente e se obtém por meio de algoritmos e manuseios matemático em operações matemáticas fundamentais que a estimativas de morte serão de 312 infectados, portanto, questão considerada **adequada**.

Interessante o modo como A8 descreve seu pensamento e reflexão na questão 7, em que se colocava duas frações com denominadores iguais, e questionava-se sobre qual seria a maior fração. Em linguagem natural escreve “se eu pegar  $\frac{7}{8}$  sobra 1 e  $\frac{5}{8}$  sobra 3”. Ao que entendemos A8, parece estar se referindo ao dividir a quantidade desejada pelo valor do denominador e multiplicar pelo numerador “pegando” as partes necessárias das partes de um todo e por tanta questão considerada **adequada**.

Na questão 8, A8 salienta por meio de registros os acertos nas diferentes representações para os signos ligados aos registros de representação para números racionais, utilizando o cálculo para encontrar decimais a partir das divisões exatas ou com resto, podendo inclusive não encontrar mais que os décimos de milésimos, portanto questão considerada na unidade de contexto, uma vez que para além disso ordena corretamente os números decimais por meio do símbolo  $>$  (maior) adequada.

7 -

R = se eu pegar  $\frac{7}{8}$  sobra 1 e  $\frac{5}{8}$  sobra 3.

8 -

A -  $\frac{1}{2} =$

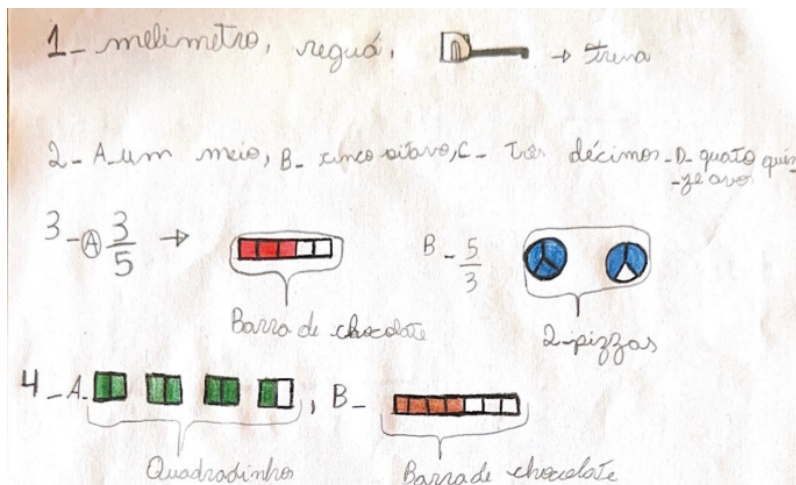
B -  $\frac{3}{4} =$

C -  $\frac{5}{8} =$

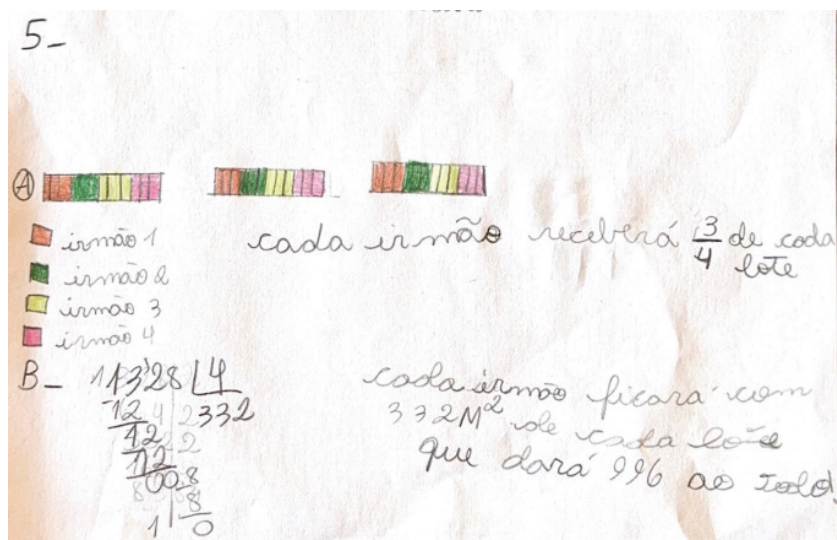
R = 1,6 > 0,75 > 0,5

Em relação a questão 9, fica claro no registro em linguagem coloquial que A8 compreende ou parece compreender os conceitos relacionados a frações equivalentes. Por fim e em complemento a esta questão, a número 10, é associada a uma pizza fatiada, o que pode estar relacionada ao pensamento associativo em que A8 está com fome ou vontade de comer uma pizza.

Iniciemos a análise de A9, que se entende também para A10, A11 e A12 que fazem parte dos mesmos grupos. De início na questão 1, o grupo faz a opção de registrar em desenhos pictóricos e também língua materna, citando milímetro, régua e trena. Na questão número 2, com exceção do “cinco oitavo”, as demais questões estão corretas, legíveis e de acordo com norma culta. A número 3 evidencia de forma correta as representações semióticas de um “desenho” que expressa uma barra de chocolate e pizza, também podemos analisar a escrita. Os mesmos olhares estão entrelaçados na questão de número 4. Questões, portanto, consideradas **adequadas**.

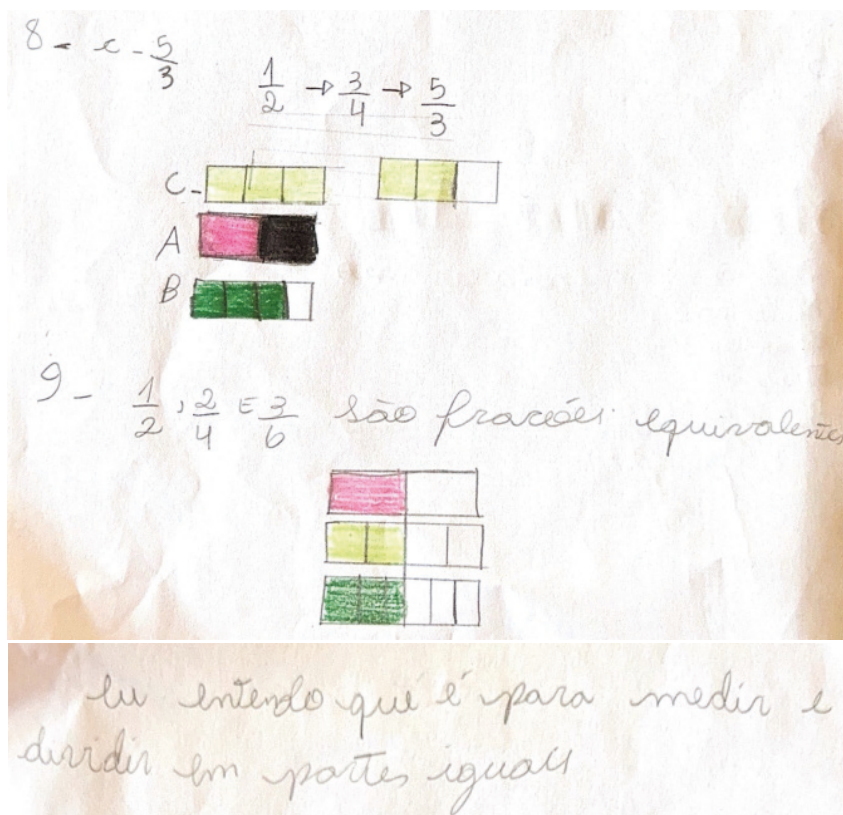


A questão número 5) a), engloba as representações pictóricas destacada por 4 cores diferentes, o que remete a uma legenda ligada ao tratamento da informação, em que A9 destaca os irmãos com ênfase na linguagem humana e brasileira que cada irmão, portanto, receberá  $\frac{3}{4}$  de cada lote. Na questão 5) b) A9 utiliza a divisão e multiplicação, atendendo um dos algoritmos de manipular frações e destaca em língua portuguesa que “cada irmão ficará com 332 m<sup>2</sup> de cada lote que dará 996 ao todo” Questões consideradas **adequadas**.



Na questão 6, A9 utiliza os algoritmos da multiplicação e divisão que são operações inversas, e mais uma vez destaca em cores vermelho e verde, que por meio de uma “chave” estabelece que 2.56 (cor vermelha) é o que estabelece a quantidade de mortos pelo vírus covid-19. Para a questão 7, estabelece o registro pictórico a fim de analisar visualmente que e concluir que  $\frac{5}{8}$  é menor que  $\frac{7}{8}$ .

Na questão número 8, A9 estabelece registro pictóricos e associa não com o decimal, mas com o valor fracionário propriamente dito e na questão 9, para além disso determina que são frações equivalente comparadas a partir de um outro registro utilizando barras de cores rosa, verde claro e verde escuro. Por fim, na questão 10, determina seu entendimento para a questão em aberto: “eu entendo que é para medir e dividir em partes iguais”. Esse excerto pode dar indícios nas relações partes de um todo em que as frações próprias e impróprias se disseminam.



Feitas essas análises por meio da Análise Textual Discursiva (MORAES, 2006; MORAES; GALIAZZI, 2012; LUCCAS, 2011) detalhamos os trajetos encaminhados pelos grupos 1, 2 e 3 em que expressaram de maneira efetiva apresentar indícios de aprendizagem, que pode ser determinado pela natureza dinâmica e rigorosa que ensaia o conhecimento matemático e dentre as variações que encaminham o ensino de frações na Educação Básica. Trata-se, portanto, de um ensino mediado por dúvidas e incertezas, que juntas pode caminhar para o entendimento de conceitos em frações possuem diferentes registro de representação semiótica, que podem serem interpretados em situações formais e informais nos diferentes contextos que assentam o campo do ensino e da aprendizagem matemática.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo de cunho qualitativo e interpretativo em Educação Matemática tinha por objetivo analisar como alunos do 6º ano do Ensino Fundamental expressam alguns conceitos de frações próprias e impróprias por meio de uma sequência de atividades associadas a uma sequência didática pautada nos planejamentos disponibilizados pela Secretaria de Estado da Educação do Estado do Paraná no ano de 2023, e para tanto utilizou uma coleta de dados realizada em uma escola de campo do estado do Paraná.

Nesse sentido, a sequência de atividades foi mediada sob a ótica de Zabala (1998) promovendo objetivos conhecidos pelo professor e pelos alunos. Teoricamente buscou-se na literatura específica estudiosos que defendem as diferentes representações para o conjunto dos números racionais, em particular as frações. Hipoteticamente, podemos afirmar por meio dos dados empíricos, e descrição dos mesmos que estudantes do 6º ano utilizaram os conceitos matemáticos estudados de acordo com os contextos os quais os exercícios e as atividades foram inseridos.

A sequência didática e consequentemente a sequência de atividades, foi realizada em grupos, valorizando a interação social e a aprendizagem em pares. Nessa perspectiva, a sequência de atividades foi entendida como uma avaliação diagnóstica em que a investigação e análise de erros foi entendida como um processo intrínseco ao ensino de matemática, favorecendo um aprofundamento da aprendizagem dos educandos e da pesquisa realizada (BURIASCO; FERREIRA; CIANI, 2009).

Acrescemos ainda neste artigo nuances a respeito da abordagem Histórico-Epistemológica (PINHEIRO; LUCCAS; LUCAS, 2019) que pode ser utilizada em pesquisas a fim de se elaborar sequências didáticas com aportes históricos e epistemológicos. Com base nessa explanação e sugestão, professores dos diferentes níveis de ensino podem utilizar essa abordagem metodológica de ensino para a explanação dos números racionais sob um olhar histórico e ao mesmo tempo filosófico, podendo analisar e expor “uma” matemática criada e desenvolvida por seres humanos em um determinado período de tempo. Essas ideias podem implicar positivamente na aprendizagem dos alunos.

Para análise dos dados utilizamos a Análise Textual Discursiva (MORAES, 2006) em que categorias temáticas podem serem criadas a fim de organização dos dados empíricos da pesquisa realizada. Nesse sentido, elencamos a categoria “Utilização de números racionais em diferentes contextos” com as subcategorias adequada, parcialmente adequada e inadequada, estabelecendo alguns excertos dos grupos de estudantes.

Como salienta-se a literatura condizente os alunos parecem terem se apropriado de conceitos de frações próprias e impróprias, apresentando diferentes registros para os números racionais, em particular frações, o que acarretou o conceito e algoritmo de operações com números decimais, registros pictóricos, reta numérica dentre outros. Valorizamos o a contextualização do ensino de matemática sem desvalorizar a descontextualização, o que faz a Matemática prosseguir. Para além disso, entendemos que a matemática e seu ensino não podem perder o seu rigor e especificidade.



Este estudo com implicações na sequência didática associada a uma avaliação diagnóstica teve como pano de fundo os planejamentos disponibilizados pela SEED – PR do ano letivo de 2023 e para tanto foram feitas adaptações julgadas pertinentes pelo professor. Considera-se esses planejamentos de grande valia, tendo em vista que vão ao encontro do que salienta estudiosos da matemática, seu ensino e sua aprendizagem no que se refere aos conteúdos de frações próprias e impróprias.

A partir da análise dos dados constatamos que não houve questões consideradas inadequadas, o que pode sinalizar um olhar positivo diante de nossa pesquisa e principalmente a aplicação da sequência didática por meio da avaliação diagnóstica associada a sequência de atividades. Esse raciocínio pode sugerir que os planejamentos da SEED – PR são viáveis para o ensino e aprendizagem da matemática na Educação Básica. Considera-se ainda que atividades realizadas intencionalmente bem elaboradas podem ser férteis para a aprendizagem, entendendo que contextualização e descontextualização dos conceitos e teorias matemáticas devem ter um paralelo ligados a não linearidade do ensino de matemática na educação do campo, em particular do estado do Paraná.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: matemática**, 2018.
- BICUDO, Maria Aparecida Viggiani Bicudo. A pesquisa em educação matemática: a prevalência da abordagem qualitativa. **R.B.E.C.T.** 2012.
- BURIASCO, Regina Luzia Corio de. **Avaliação em matemática: um estudo das respostas de alunos e professores**. Tese de doutorado. UNESP. Rio Claro, 1999.
- BURIASCO, Regina Luzia Corio de; FERREIRA, Pamela Emanuelli Alves; CIANI, Andréia Buttner. Avaliação como prática de investigação (alguns apontamentos). **Bolema**. Rio Claro, 2009.
- LOPES, Antonio José. O que nossos alunos podem estar deixando de aprender sobre frações, quando tentamos lhes ensinar frações. **Bolema**. Rio Claro, 2008.
- MORAES, Roque; GALIAZZI. Análise Textual Discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência e Educação**, 2006.
- PARANÁ. Diretrizes Curriculares da Educação Básica Matemática. **SEED**, Curitiba, 2008.
- Marques Pinheiro, R., Luccas S. y Bueno Lucas, L. (2019). Sistemas de numeração á luz de uma abordagem histórico-epistemológica. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, 14(2), 253-267. DOI: <http://doi.org/10.14483/23464712.13030>
- SCHEFFER, Nilce Fátima; POWELL, Arthur Belford. Frações nos livros brasileiros do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). **Revemop**. Ouro Preto, 2019.

# SISTEMA DE INDICADORES DE GESTIÓN PARA LA GERENCIA DE OPERACIONES DE EMPRESAS DE PERFUMES VENEZOLANAS

*Data de submissão: 19/01/2025*

*Data de aceite: 05/03/2025*

### **Siro Tagliaferro**

Ingeniero de Producción (2012)  
Universidad Metropolitana de Caracas,  
MBA (2016), IESA, Ciencia de Datos  
(2022) UCV, profesor de tiempo  
completo en la Universidad Metropolitana  
de Caracas con más de 5 años de  
experiencia en Ingeniería de Producción  
0000-0001-7501-3568

### **Gerardo Martínez**

Ingeniero de Producción e Ingeniero  
Químico (2008) Universidad Metropolitana  
de Caracas, Maestría de Ingeniería  
Gerencial (2012) UNIMET, profesor  
a tiempo completo con más de 10  
años de experiencia en la Universidad  
Metropolitana de Caracas  
0000-0001-6621-0869

**RESUMEN:** Las PYMES venezolanas, específicamente en el sector de perfumes, las cuales suelen carecer de una estructuración adecuada de sus procesos. Esto dificulta la medición de su eficiencia y la identificación de áreas de mejora. Se propone como solución la implementación de un sistema de indicadores de gestión basado en la norma UNE 66175:2003 y en los modelos de Kaplan y Norton. Este sistema permitiría a las empresas desdoblarse sus objetivos estratégicos, identificar procesos clave y medir su desempeño a

través de cuatro perspectivas: financiera, cliente, procesos internos y aprendizaje y crecimiento. Al aplicar esta metodología, las empresas podrán construir conocimiento y mejorar continuamente sus operaciones.

**PALABRAS-CLAVE:** Indicadores de gestión, inductores de actuación, gestión de compras, gestión de almacenes, procesos.

### MANAGEMENT INDICATOR SYSTEM FOR THE OPERATION MANAGEMENT OF VENEZOLAN PERFUME COMPANIES

**ABSTRACT:** Venezuelan SMEs, specifically in the perfume sector, often lack adequate structuring of their processes. This makes it difficult to measure their efficiency and identify areas for improvement. The solution proposed is the implementation of a management indicator system based on the UNE 66175:2003 standard and the Kaplan and Norton models. This system would allow companies to unfold their strategic objectives, identify key processes and measure their performance through four perspectives: financial, customer, internal processes and learning and growth. By applying this methodology, companies will be able to build knowledge and continuously improve their operations.

**KEYWORDS:** Management indicators, action drivers, purchasing management, warehouse management, process

# INTRODUCCIÓN

Para ejecutar el plan basado en la Norma Española UNE 66175:2003, Guía para la implantación de sistemas de indicadores, Cuadro de Mando Integral (The Balanced Scorecard), norma ISO 9000:2015 y los planteamientos de Gerencia Estratégica de Serna (2008), se incorporaron algunos métodos y teorías para el diseño

Se elaboró un mapa mental de temas y relaciones con los objetivos específicos del artículo, tal como se muestra en la Figura 1; en ese sentido el Sistema de Indicadores de Gestión para la Gerencia de Operaciones se divide en cinco (5) lineamientos: Diagnóstico Industrial, Enfoque en los Procesos, Mapa Conceptual, Diseño y Mejora Continua.

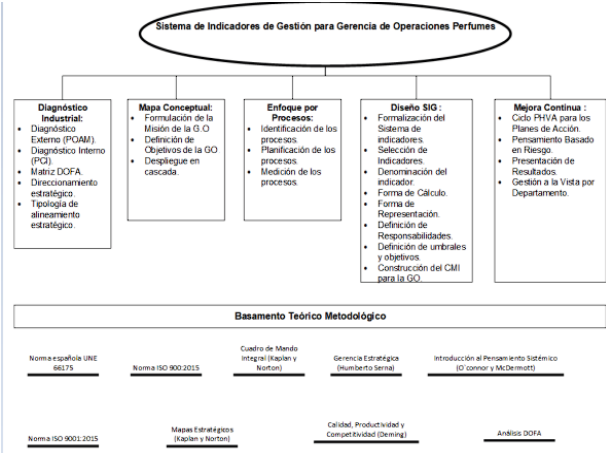


Figura 1. Mapa mental de contenido

Se establecen las líneas de investigación para el diseño, basados en los principios de la Gestión de la Calidad donde se incluyen los lineamientos Enfoque por Procesos y lo planteado en la norma UNE 66175:2003 y, por otra parte, con una visión más amplia de los procesos establecidos y de manera de comunicar y gestionar la estrategia de la organización, de acuerdo con algunos lineamientos del Cuadro de Mando Integral (CMI) y los planteamientos de Serna (2008).

# DIAGNÓSTICO INDUSTRIAL

Utilizando la herramienta de Matriz Perfil Oportunidades y Amenazas (POAM) y mediante encuestas a las diferentes gerencias de la organización se logró consolidar información de las variables dentro del entorno, tales como ámbitos; proveedores, mercado, competidores, consumidores y banco. En la Tabla 2 se identifican las variables que de acuerdo con el estudio fueron las de mayor recurrencia e impacto.



ENTORNOS	VARIABLES	OPORTUNIDAD		AMENAZA		IMPACTO		
		ALTA	BAJA	ALTA	BAJA	ALTO	MEDIO	BAJO
Proveedores	Alianza con proveedores estratégicos nacional e internacional.	X				X		
	Principales materias primas de origen internacional.			X		X		
Mercado	Recuperación de la demanda y real de la marca.	X				X		
	Contraído desde el año 2012.			X		X		
Competidores	Poca competencia de acuerdo al modelo de negocio.	X				X		
	Barreras de entrada baja para opciones de producto del sector cosmético.			X		X		
Clientes	Reconocimiento del precio-valor.	X				X		
	Cliente target D-E con poco poder de compra (sector público) y poca fidelidad de marca.			X		X		
Banco	Apertura en opciones de pagos.	X				X		
	Créditos limitados y poca actividad en mesas de cambio.			X		X		

**Tabla 1.** Matriz Perfil Oportunidades y Amenazas (POAM).

De igual manera, en el diagnóstico interno de acuerdo con la Matriz del Perfil de Capacidad Interna (PCI) (ver Tabla 3), se valora la capacidad de la organización relacionado con la Gerencia de Operaciones de Venezuela, en aspectos como capital humano, proceso, sistemas de información, tecnología e infraestructura, luego se consolidó la información y se procede a la construcción de la matriz DOFA.

ENTORNOS	VARIABLES	FORTALEZA		DEBILIDAD		IMPACTO		
		ALTA	BAJA	ALTA	BAJA	ALTO	MEDIO	BAJO
Capital Humano	Capital Humano en cargo de supervisión con experiencia en el desarrollo de las actividades operativas.	X				X		
	Falta de cultura de medición de resultados y planes de compensación de adecuado con gestión y resultados.			X		X		
Proceso	Proceso operativo enfocado a la satisfacción del cliente.	X				X		
	Falta de desarrollo en procesos estratégicos y de medición.			X		X		
Sistemas de Información	Confiable en el sistema de información TPS.	X				X		
	No existe un sistema de medición de procesos y planificación de materiales.			X		X		
Tecnología	Utilización de códigos de barra en zona de preparación de pedidos de esencia.	X				X		
	Adecuación de materiales y preparación de pedidos con gran influencia del factor humano.			X		X		
Infraestructura	Conectividad de internet estable.	X				X		
	Limitaciones de espacio físicos para cumplir con los sistemas de almacenamiento. Falta de conectividad en toda la red de tiendas.			X		X		

**Tabla 3.** Matriz del Perfil de Capacidad Interna (PCI).

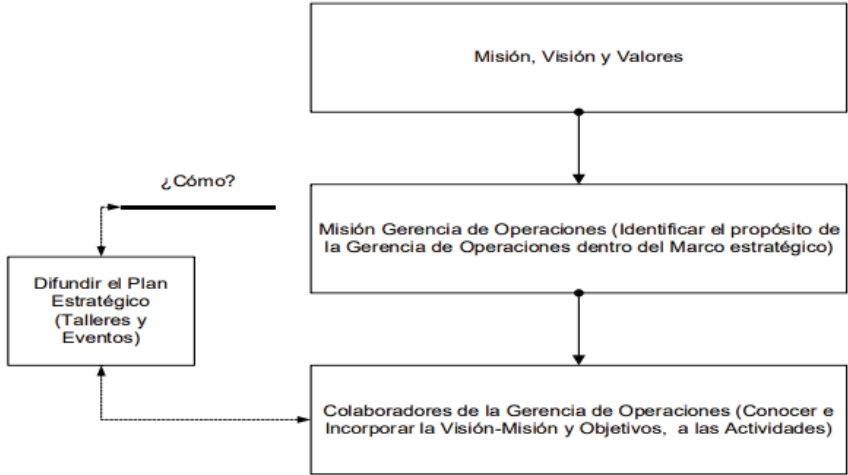
En el análisis DOFA se desarrollaron las iniciativas de cuatro tipos: defensivas (FA) utilizar las Fuerzas para evitar las Amenazas, agresivas (FO) utilizar las Fuerzas para impulsar las Oportunidades, de supervivencia (DA) reducir las Debilidades y evitar las Amenazas y por último, las adaptativas (DO) superar las Debilidades aprovechando las Oportunidades; de esta manera se elabora el análisis con posibles actividades tácticas y estratégicas para Perfumes Factory, C.A. ® con un enfoque en la Gerencia de Operaciones.

El Direccionamiento Estratégico “las organizaciones para crecer, generar utilidades y permanecer en el mercado deben tener muy claro hacia dónde van, es decir haber definido su direccionamiento estratégico” Serna (2008); en ese sentido se identificaron los principios corporativos de la organización: Misión, Visión y Valores como marco referencial dentro del cual se debe definir el direccionamiento estratégico.

Partiendo de los principios corporativos de la empresa Perfumes Factory, C.A. ®, se esquematiza su tipología de alineamiento estratégico para de esta manera establecer el proceso de diseño conceptual de los indicadores de gestión de la Gerencia de Operaciones dentro de la organización.

Tipología de Alineamiento Estratégico, “existen tres tipos o categorías de alineamiento: Vertical, Horizontal e Integral” Serna (2008). Los mismos serán desarrollados para lograr el alineamiento estratégico de la organización con una visión compartida y la gestión diaria en la Gerencia de Operaciones.

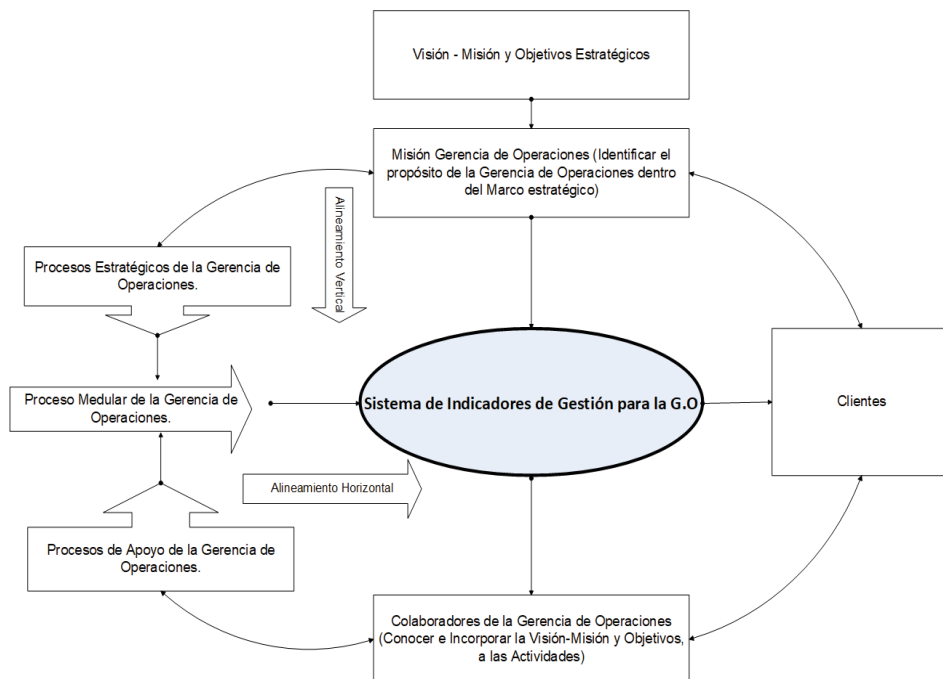
Alineamiento Vertical,” se entiende por alineamiento vertical el conjunto de programas y acciones que una organización realiza para lograr que sus colaboradores conozcan e incorporen la estrategia de la empresa” Serna, H. (2008). Este tipo de alineamiento se ilustra de acuerdo con la Figura 2 con la estrategia de la organización



**Figura 2.** Alineamiento Vertical para la Gerencia de Operaciones

Alineamiento Horizontal “el alineamiento horizontal busca compatibilizar los procesos con las necesidades y expectativas de los clientes.” Serna (2008) En la Figura 3, se ilustra el alineamiento de los diferentes tipos de procesos de la Gerencia de Operaciones con los clientes.

Alineamiento Integral explica “una visión compartida sólo se logra cuando la estrategia, los procesos, los colaboradores y los clientes están totalmente alineados. A estos procesos se les denomina alineamiento integral” Serna (2008). En la Figura 3, se muestran las relaciones de las categorías anteriores y lo imperativo de integrar con el Sistema de Indicadores de Gestión para la Gerencia de Operaciones.



**Figura 3.** Alineamiento Integral para el Sistema de Indicadores

*Nota.* Basado en Serna (2008).

## MAPA CONCEPTUAL

El mapa conceptual del Diseño de un Sistema de Indicadores se inició con la elaboración de la Misión de la Gerencia de Operaciones y los objetivos estratégicos que se desprenden de esta; estos objetivos fueron formulados basado en la herramienta (SMART), de manera de facilitar su seguimiento y luego el despliegue en cascada para los departamentos que componen la Gerencia.

En la formulación de la Misión de la Gerencia de Operaciones se conceptualiza la razón de ser de la Gerencia de Operaciones Venezuela en la organización Perfumes Factory, C.A. ®, se documenta la Misión de acuerdo “en términos generales, la misión de una empresa responde a las siguientes preguntas por Serna, H. (2008):

¿Para qué existe la organización?

¿Cuál es su negocio?

¿Cuáles son sus objetivos?

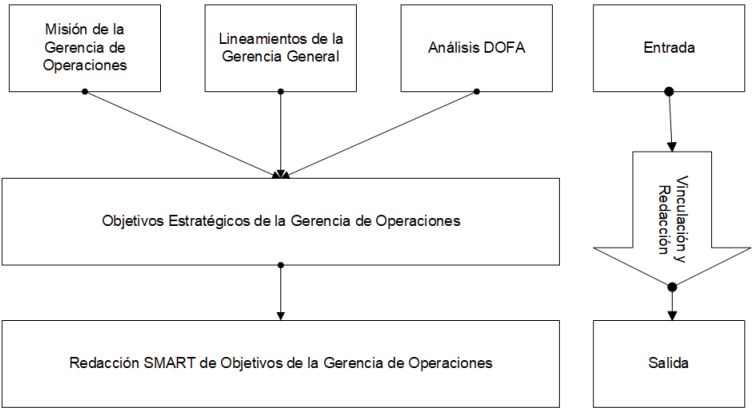
¿Cuáles son sus clientes?

¿Cuáles son sus prioridades?

¿Para qué existe la organización?”

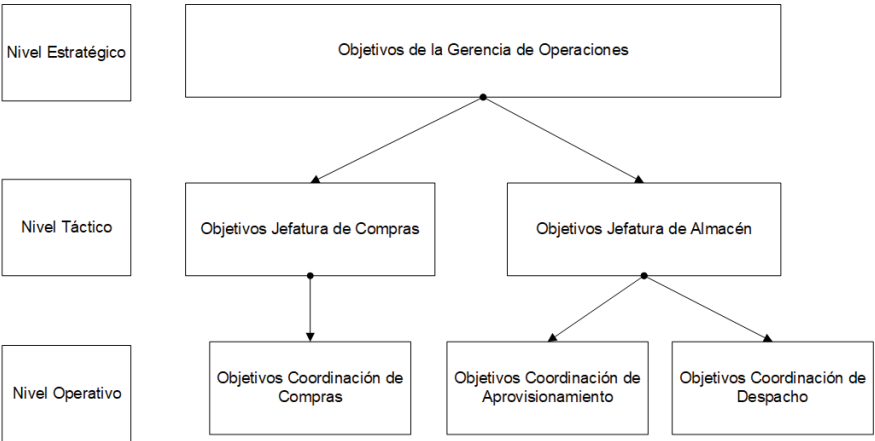
En ese sentido, se realizó una investigación y documentación de los procesos medulares u operativos, estratégicos y apoyo; además de las funciones establecidas por la organización, para esto último se entrevistó al Gerente General de Perfumes Factory, C.A. ®, y así conocer de primera línea la guía para la ejecución de las actividades y posterior medición.

Para establecer los objetivos de la Gerencia de Operaciones, se extrajeron de los principios básicos de la Misión de la Gerencia, los lineamientos de la Gerencia General de Perfumes Factory, C.A. ® y algunas consideraciones del análisis DOFA. En la Figura 4 se muestra la entrada para su formulación y el despliegue para su redacción de manera específica, medible, alcanzable, retadora y el tiempo para su cumplimiento.



**Figura 4.** Mapa mental de construcción de Objetivos Estratégicos de la Gerencia de Operaciones.

En el Despliegue de los Objetivos de la Figura 5 se plantea el desdoblamiento en cascada, para los diferentes niveles que integran la gerencia; de esta manera se tendrá un alcance mayor aguas abajo y podrá alinearse con lo planteado de manera estratégica.



**Figura 5.** Despliegue Objetivos en la Gerencia de Operaciones

## METODOLOGÍA

### Enfoque en los procesos

La Norma ISO 9001: 2015 Sistema de Gestión de la Calidad propone, “la comprensión y gestión de los procesos interrelacionados como un sistema contribuye a la eficacia y eficiencia de la organización en el logro de los resultados previstos” ISO 9001:2015 (2015); además el enfoque en proceso con una gestión sistemática y sus interacciones con la estrategia de la organización conlleva alcanzar los resultados deseados, para de esta manera engranar lo planteado en el direccionamiento estratégico de manera sistémica.

La metodología aplicada para esta perspectiva se clasifica en tres niveles, la identificación, planificación y medición de los procesos que intervienen en la Gerencia de Operaciones; en ese sentido lograr un mapa de procesos y la caracterización de los mismos.

Para la identificación de los procesos, se inicia con un análisis de la misión para la Gerencia de Operaciones la cual debe direccionar el propósito de la gerencia, en ese sentido se procede a recopilar, analizar y determinar información referente a los clientes internos, requerimientos y lo que se espera de sus procesos. Con lo anterior se genera la entrada para la elaboración del mapa de proceso, identificando el proceso operativo o modular relacionado directamente con el cliente, procesos estratégicos establecidos por los objetivos y los procesos de soporte o apoyo de la gestión.

Para la planificación y medición se propone un método de caracterización de los procesos, que permita conocer las propiedades claves, alcance, responsables, recursos, entradas, actividades de transformación y salida; además desarrollar el mecanismo de medición como la plantea la Norma Española UNE 66175:2003 para el desarrollo de indicadores .

### Diseño del Sistema de Indicadores de Gestión (SIG)

Para el diseño del sistema de indicadores de gestión, se basó en lo planteado; para el desarrollo de este informe no solo se consideró los objetivos en los diferentes niveles, también se integran los procesos y de esta manera lograr formalizar, seleccionar, valorar, calcular y representar los indicadores de gestión de la Gerencia de Operaciones UNE 66175: 2003 (2003).

En la formalización de los indicadores, se basó en las necesidades identificadas a lo largo del desarrollo metodológico, desde el diagnóstico industrial, mapa conceptual y el enfoque en los procesos para lograr establecer una visión 360 grados del proyecto y de esta manera definir los conceptos a considerar como:

- Seleccionar el Indicador.
- Denominación del indicador.
- Forma de calcular, con su especificación y fuente de información.
- Forma de representación.
- Definición de responsabilidades.
- Definición de meta.

Para la seleccionar los indicadores, se propone aquellos que sean rentables para la organización y que su obtención justifique el esfuerzo; en ese sentido priorizar los objetivos y actividades derivadas de los mismos, factores críticos de éxito de la organización y áreas, procesos y potenciales problemas; además se debe considerar el coste y recursos de recogida de la información y su fiabilidad. La denominación del indicador debe definir el concepto a valorar, responder la pregunta ¿Sobre qué se debe llevar la medida?; en la Gerencia de Operaciones. UNE 66175: 2003 (2003). En la forma del cálculo del indicador debe responder ¿Cómo se calcula?, diseñar el sistema que se emplea para computar la información y lograr el resultado; además de la periodicidad. Para su forma de representación se plantea de manera de visualizar su evolución utilizando tablas, diagramas y colores.

Definición de responsabilidades, la Norma propone que en cada parte del proceso (captación, análisis y comunicación) de los indicadores, se debe seleccionar los responsables, en ese sentido se evaluaron las actividades y funciones de los cargos que integran la Gerencia de Operaciones para asignar esta actividad en las diferentes partes del proceso.

Para facilitar la gestión del sistema de indicadores, la Norma propone establecer la definición de umbrales o meta de cada indicador, en ese sentido se realizó una revisión histórica de aquellos indicadores que se pudieran tener registro y para otros se establece un periodo de medición para establecer su meta, de igual manera se plantea la revisión de metas anual.

De esta manera se referencia lo planteado en la Norma UNE-66175:2003 como metodología para la formalización de los indicadores de gestión para la Gerencia de Operaciones.

El Cuadro de Mando Integral (CMI) como es planteado por sus creadores Kaplan y Norton (2000) permite a la organización comunicar, medir y operacionalizar su estrategia; basado en lo anterior se aplican los mismos principios que puedan tener alcance funcional y organizacional en la Gerencia de Operaciones; de esta manera establecer los indicadores claves de gestión e inductores de actuación de acuerdo con las cuatro perspectivas. Camisón, C., et al (2006).

La perspectiva financiera, se considera como se debe presentar la Gerencia de Operaciones, ante la Gerencia General de Perfumes Factory, C.A. ®, para lograr los objetivos financieros de la organización.

La perspectiva del cliente, el CMI plantea definir el segmento del cliente y medir la rentabilidad de cada uno, para luego desarrollar una matriz de acción de segmento - rentabilidad, para el caso de estudio no se aplicó esta metodología ya que solo se identificaron la Gerencia Comercial y Mercadeo de la empresa como clientes internos; de esta manera la Gerencia de Operaciones debe presentarse como una unidad de soporte en la gestión y así lograr los objetivos estratégicos o servicio que requieran.

La perspectiva del proceso interno, para establecer los indicadores de gestión e inductores de actuación internos de la Gerencia de Operaciones, para lograr innovación, desarrollo y satisfacción de los clientes internos; en ese sentido establecer las métricas de calidad en la adquisición en materias primas y productos, costo objetivo, tiempos de revisión, adecuación y preparación de pedidos para la red de tiendas a nivel nacional.

La perspectiva del aprendizaje y crecimiento, establecer los objetivos e indicadores para impulsar el aprendizaje y crecimiento de la Gerencia de Operaciones como parte del sistema de la organización. Esta perspectiva representa la base del CMI; en ese sentido se deben establecer tres pilares importantes como la gestión del capital humano y su formación estratégica, las capacidades de los sistemas de información y la motivación bien direccionada a los objetivos.

La vinculación de los indicadores del Cuadro de Mando Integral con la estrategia se aplicó de acuerdo con lo planteado por Kaplan y Norton (2000) con relaciones causa-efecto, inductores de actuación y la vinculación con la perspectiva financiera.

## **Mejora continua**

Para establecer una metodología de mejora continua, se planteó lo basado en la que la define como una actividad recurrente para mejorar el resultado medible, en ese sentido para lograr alcanzar el último objetivo específico de este informe se incorpora el ciclo de PHVA para los planes de acción preventivo y correctivo basado en los resultados de los indicadores. ISO 9001:2015 (2015)

El diseño de este sistema de Indicadores de Gestión para la Gerencia de Operaciones en las empresa, incorpora un modelo de Plan de Acción para cada resultado que esté fuera de meta basado en el ciclo PHVA; además de plantear seguimiento diario para aquellos indicadores clasificados como críticos, apoyado en una gestión a la vista que comuniquen los resultados al personal involucrado en los procesos. UNE 66175: 2003 (2003).

Para incorporar las mejoras graduales, se debe establecer un proceso continuo para identificar oportunidades de mejoras con el análisis de la información de los indicadores, implementar pequeñas mejoras y evaluar los resultados.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Análisis situacional**

Para la identificación de las áreas de oportunidades de la Gerencia de Operaciones, se aplicaron herramientas del diagnóstico industrial y la formulación de propósitos, que permita establecer los objetivos dentro de la gerencia.

### **Diagnostico Industrial.**

En la Tabla 4 se muestra el análisis de los factores internos y externos, positivos y negativos que están influyendo en la situación de la organización y que pueden ser aprovechados para el mejorar los resultados y alcanzar los objetivos estratégicos, de esta manera se plantean diferentes iniciativas orientadas en la creación de competencias organizacionales y de la Gerencia de Operaciones propiamente, que le permitan desempeñarse con éxito en su medio.

Fortalezas Gerencia Operaciones		Debilidades Gerencia de Operaciones	
<b>Gente</b>	Capital Humano en cargo de supervisión con experiencia en el desarrollo de las actividades operativas.	<b>Gente</b>	Falta de cultura de medición de resultados y planes de compensación de adecuado con gestión y resultados.
<b>Proceso</b>	Proceso operativo enfocado a la satisfacción del cliente.	<b>Proceso</b>	Falta de desarrollo en procesos estratégicos y de medición.
<b>Sistemas de Información</b>	Confiable en el sistema de información TPS.	<b>Sistemas de Información</b>	No existe un sistema de medición de procesos y planificación de materiales.
<b>Tecnología</b>	Utilización de códigos de barra en zona de preparación de pedidos de esencia.	<b>Tecnología</b>	Adecuación de materiales y preparación de pedidos con gran influencia del factor humano.
<b>Infraestructura</b>	Conectividad de internet estable.	<b>Infraestructura</b>	Limitaciones de espacio físicos para cumplir con los sistemas de almacenamiento. Falta de conectividad en toda la red de tiendas.
Oportunidades de la Organización		Amenazas de la Organización	
<b>Proveedores</b>	Alianza con proveedores estratégicos nacional e internacional.	<b>Proveedores</b>	Principales materias primas de origen internacional.
<b>Mercado</b>	Recuperación de la demanda y real de la marca.	<b>Mercado</b>	Contraído desde el año 2012.
<b>Competidores</b>	Poca competencia de acuerdo al modelo de negocio.	<b>Competidores</b>	Barreras de entrada baja para opciones de producto del sector cosmético.
<b>Clientes</b>	Reconocimiento del precio-valor.	<b>Clientes</b>	Cliente target D-E con poco poder de compra (sector público) y poca fidelidad de marca.
<b>Banco</b>	Apertura en opciones de pagos.	<b>Banco</b>	Créditos limitados y poca actividad en mesas de cambio.

**Tabla 4.** Matriz DOFA para la Gerencia de Operaciones

En la Tabla 5 se desarrollaron las iniciativas estratégicas de acuerdo con Fortalezas y Debilidades internas y las Oportunidades y Amenazas detectadas en el estudio, de esta manera obtener información base para desarrollo del sistema de gestión de indicadores.

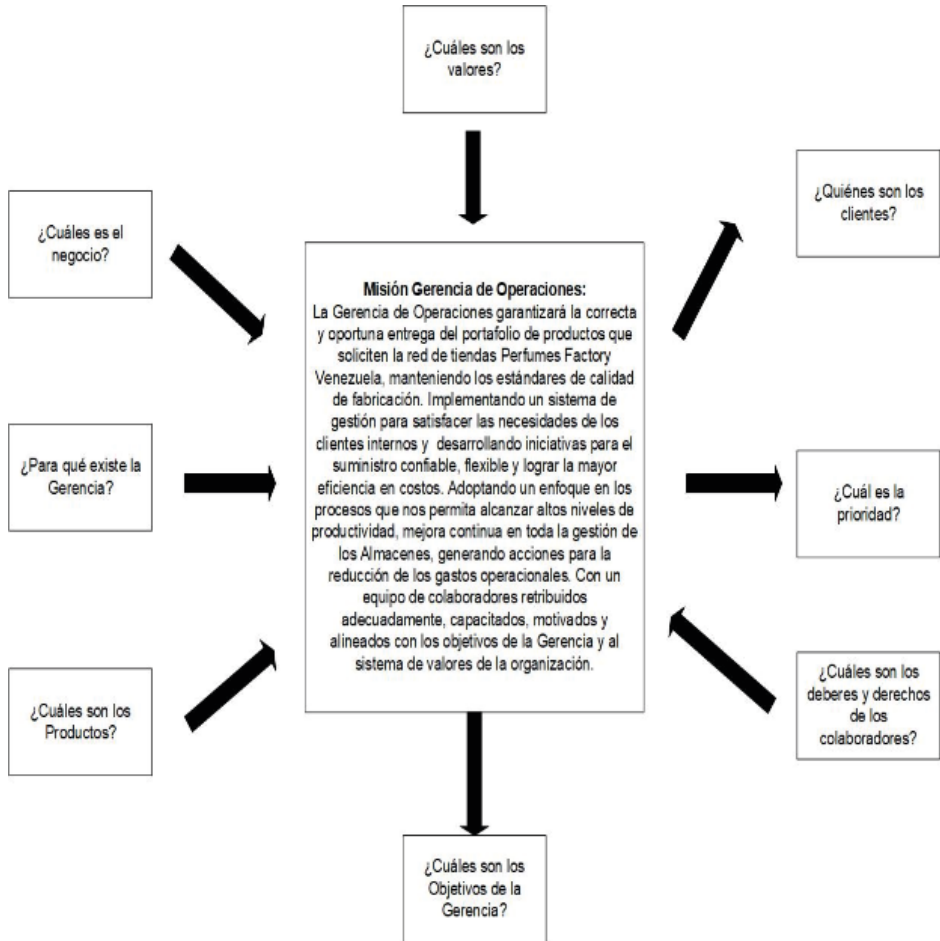
	Amenazas	Oportunidades
Fortalezas	Estrategias Defensivas (FA)	Estrategias Agresivas (FO)
	Desarrollar alternativas de suministro local. Implementar en todas las zonas de preparación de pedidos, la utilización de códigos de barra.	Desarrollar un Sistema de Información (ERP). Desarrollar un modelo para la optimización de fletes.
Debilidades	Estrategias de supervivencia (DA)	Estrategias adaptativas (DO)
	Desarrollar un sistema de gestión de compras para la medición de tiempos y márgenes comerciales. Establecer la conectividad en toda la red de tiendas.	Desarrollar un sistema de gestión operativa mediante indicadores de gestión. Establecer reuniones periódicas con proveedores claves, para seguimiento de la demanda e inventarios.

**Tabla 5.** Análisis DOFA



## Misión de la Gerencia de Operaciones

La Misión de la Gerencia de Operaciones debe formular los propósitos de la gerencia y su razón de ser dentro de la organización; la misma debe estar alineada a con sus principios valores, normas, políticas y creencias y además responder las preguntas de acuerdo con la Figura 6, esta declaración sintetiza de manera clara una guía para establecer objetivos y funciones.



**Figura 6.** Misión de la Gerencia de Operaciones

El valor para la organizaciones de una Misión de la Gerencia de Operaciones, es integrar de manera activa y generar compromiso del talento humano en los planes e iniciativas estratégicas, además estar internalizada en el día a día de las personas que conforman la Gerencia, en ese sentido debe ser una formulación viva; para el presente trabajo su valor se tomó en identificar los objetivos que de ésta se desprenden y el diseñar un modelo de gestión para poder medir sus propósitos Kaplan, R.S. y Norton, D.P. (2002).

# OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DE LA GERENCIA DE OPERACIONES

- Establecer niveles de inventario que permita la atención de la demanda de las tiendas y la rentabilidad económica de la organización.

Desarrollar iniciativas de negociación que permitan establecer relaciones comerciales estables con proveedores estratégicos, basados

- En un modelo de precios competitivos del mercado y con los estándares de calidad requeridos.
- Establecer un sistema de aprovisionamiento que permita la optimización de los recursos logísticos y el flujo de los materiales para las fabricación y preparación de pedidos.
- Implementar un sistema eficiente de recepción, preparación, facturación y despacho de pedidos de las tiendas, que cumpla con los tiempos establecidos y el control y mitigación de los errores.
- Establecer políticas alineadas con la Gerencia de RRHH para la capacitación, retención y motivación de los empleados, además de desarrollar habilidades estratégicas y de productividad.
- Establecer un sistema de auditoría y gestión para aumentar la confiabilidad de los inventarios.

El despliegue de objetivo en cascada se presenta en las Figuras 7, 8, 9, 10, 11 y 12. Con este despliegue se identifican los objetivos de los cargos medios de la gerencia y lograr identificar la complejidad funcional de los mismos.

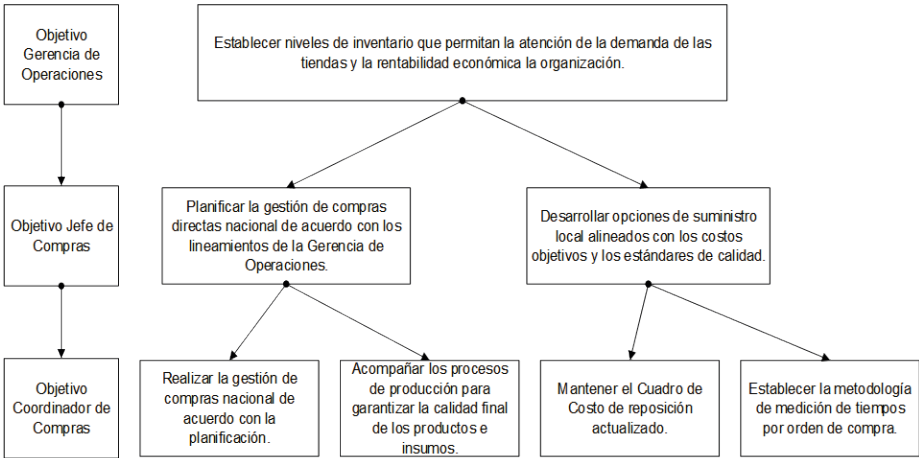
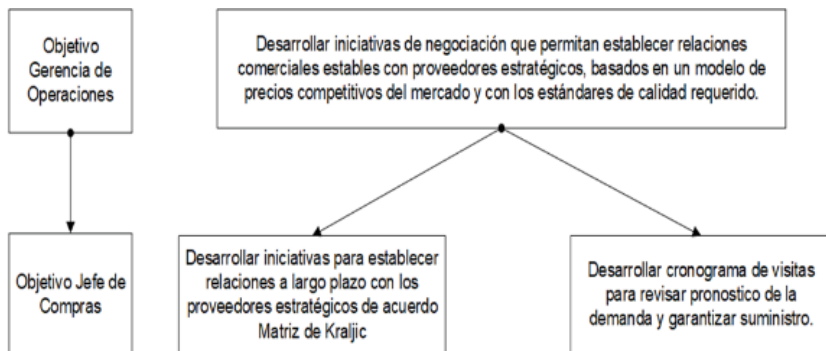
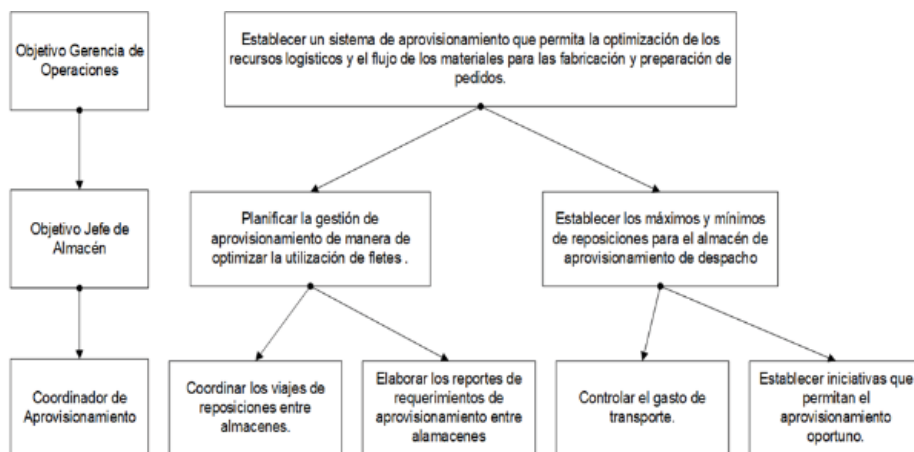


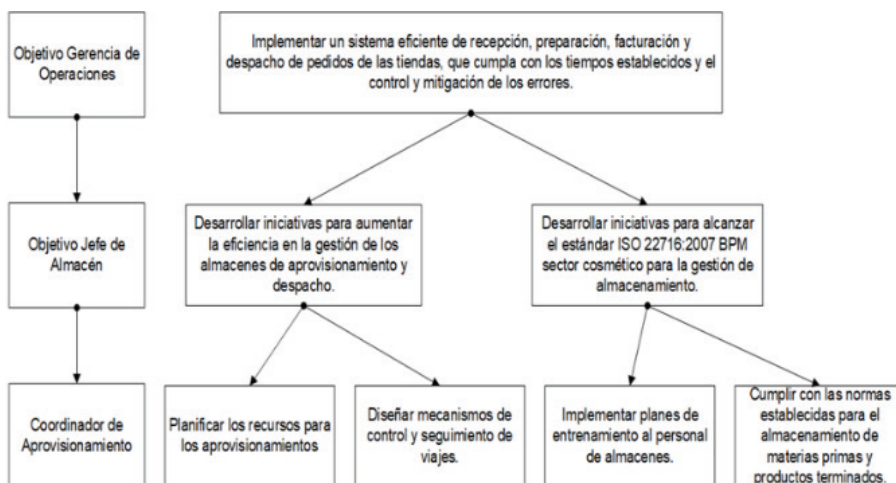
Figura 7. Despliegue de objetivos de la Gerencia de Operaciones I



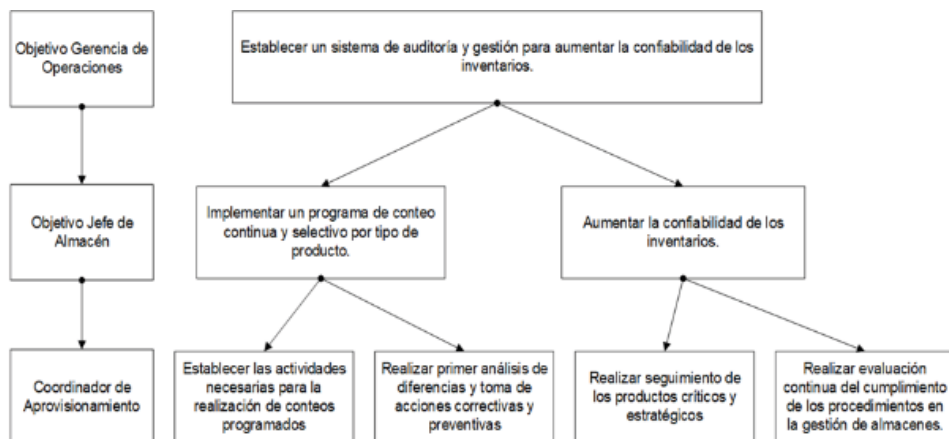
**Figura 8.** Despliegue de objetivos de la Gerencia de Operaciones II



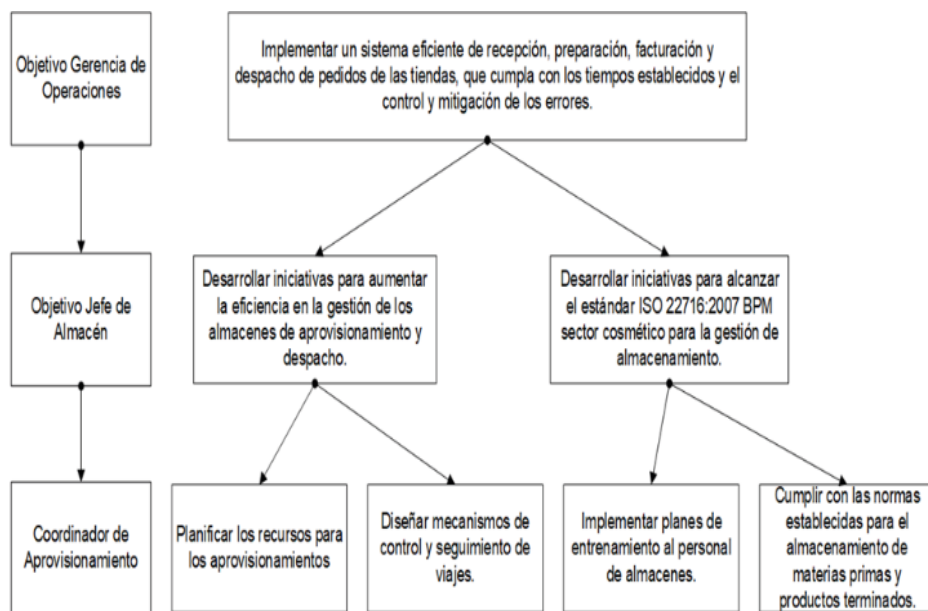
**Figura 9.** Despliegue de objetivos de la Gerencia de Operaciones III



**Figura 10.** Despliegue de objetivos de la Gerencia de Operaciones IV



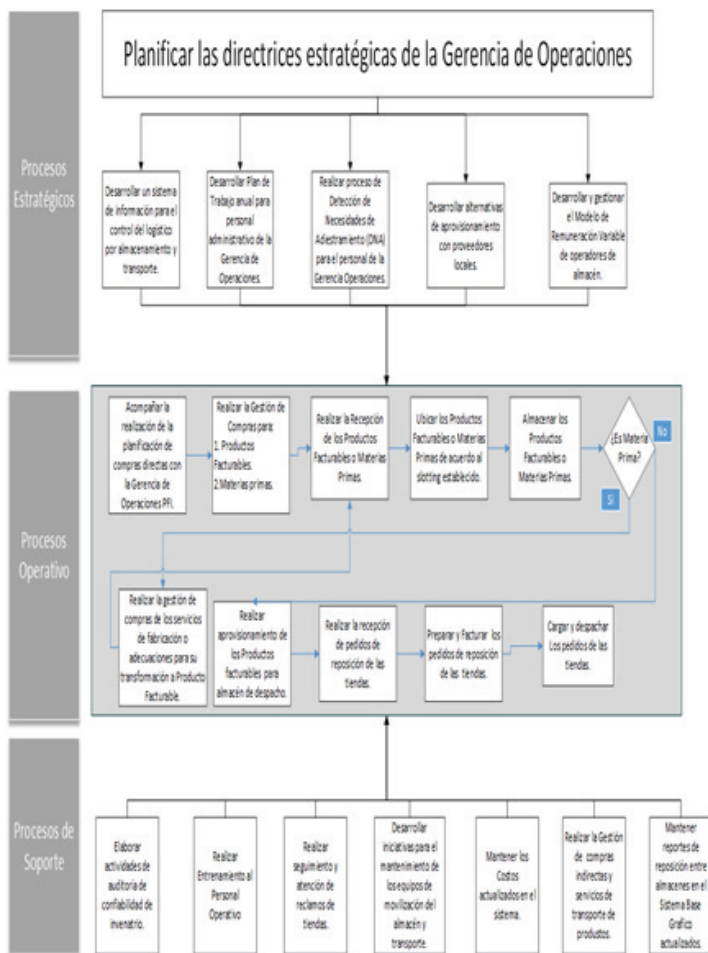
**Figura 11.** Despliegue de objetivos de la Gerencia de Operaciones V



**Figura 12.** Despliegue de objetivos de la Gerencia de Operaciones VI

## Enfoque en los procesos

El apartado inicia con la identificación de los procesos en la Gerencia de Operaciones, de acuerdo con el análisis y la recopilación de la información para el diseño de un mapa de proceso (Figura 13); en este se muestran los procesos estratégicos, operativo y de soporte, esta representación gráfica modela las relaciones y conexiones dentro de la gerencia; de igual forma brinda una herramienta guía para el diseño del sistema



**Figura 13.** Mapa de procesos Gerencia de Operación

La lista de procesos de la Gerencia de Operaciones de acuerdo con el mapa de procesos se muestra en la Tabla 6; esta codificación de proceso se asociará con los diferentes indicadores de gestión. La codificación de los procesos es alfanumérica y se identifican las primeras dos letras como Proceso (PR), seguido de la clasificación del proceso estratégico (ES), clave, medular u operativo (OP) y soporte y apoyo (SO), los tres últimos dígitos representan el correlativo.

#	Tipo de Proceso	Procesos	Codificación del Proceso
1	Estratégico / Táctico	Desarrollar un sistema de información para el control del logístico por almacenamiento y transporte.	PR-ES-001
2	Estratégico / Táctico	Desarrollar Plan de Trabajo anual para personal administrativo de la Gerencia de Operaciones.	PR-ES-002
3	Estratégico / Táctico	Realizar proceso de Detección de Necesidades de Adiestramiento (DNA) para el personal de la Gerencia Operaciones.	PR-ES-003
4	Estratégico / Táctico	Desarrollar alternativas de aprovisionamiento con proveedores locales.	PR-ES-004
5	Estratégico / Táctico	Desarrollar y gestionar el Modelo de Remuneración Variable de operadores de almacén.	PR-ES-005
6	Operativo / Medular	Acompañar la realización de la planificación de compras directas con la Gerencia de Operaciones PFL.	PR-OP-001
7	Operativo / Medular	Realizar la Gestión de Compras para:	PR-OP-002
		1. Productos Facturables	
		2. Materias primas.	
8	Operativo / Medular	Realizar la Recepción de los Productos Facturables o Materias Primas.	PR-OP-003
9	Operativo / Medular	Ubicar los Productos Facturables o Materias Primas de acuerdo al slotting establecido.	PR-OP-004
10	Operativo / Medular	Almacenar los Productos Facturables o Materias Primas.	PR-OP-005
11	Operativo / Medular	Realizar la Gestión de Compras de los servicios de fabricación o adecuaciones para su transformación a Producto Facturable.	PR-OP-006
12	Operativo / Medular	Realizar aprovisionamiento de los Productos facturables para almacén de despacho.	PR-OP-007
13	Operativo / Medular	Preparar y Facturar los pedidos de reposición o partida de las tiendas.	PR-OP-008
14	Operativo / Medular	Cargar y despachar los pedidos de reposición o apertura de las tiendas.	PR-OP-009
15	Soporte / Apoyo	Elaborar actividades de auditoría de confiabilidad de inventario.	PR-SO-001
16	Soporte / Apoyo	Realizar Entrenamiento al Personal Operativo	PR-SO-002
17	Soporte / Apoyo	Realizar seguimiento y atención de reclamos de tiendas.	PR-SO-003
18	Soporte / Apoyo	Desarrollar iniciativas para el mantenimiento de los equipos de movilización del almacén y transporte.	PR-SO-004
19	Soporte / Apoyo	Seguimiento de las variaciones en la estructura de costos.	PR-SO-005
20	Soporte / Apoyo	Realizar la Gestión de compras indirectas.	PR-SO-006
21	Soporte / Apoyo	Mantener reportes de reposición entre almacenes en el Sistema Base Grafico actualizados.	PR-SO-007

**Tabla 6.** Lista de procesos Gerencia de Operaciones

De acuerdo con el modelo de caracterización de proceso diseñado, en la Figura 14 se muestra un ejemplo del Proceso código PR-ES-001, en el mismo se definen su objetivo y alcance, además las entradas y salidas, asociados al ciclo PHVA del proceso, los recursos necesarios y los criterios de medición que debe lograr cada proceso. En las figuras posteriores se presentan otras caracterizaciones de otros procesos.

Tipo de Proceso		Estratégico	CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS		Codificación del Proceso:		PR-ES-001
Versión	01		GERENCIA DE OPERACIONES		Responsable	Gerencia de Operaciones	
Objetivo:			Nombre:		Alcance:		
Desarrollar un conjunto de herramientas operativas que permita controlar el gasto logístico por conceptos de almacenamiento de mercancía y transporte.			Desarrollar un sistema de información para el control del logístico por almacenamiento y transporte.		El proceso aplica para toda la plataforma logística instalada para la atención de la demanda de la red de tiendas a nivel nacional.		
Proveedores		Entradas	Proceso		Salidas	Clientes	
Gerencia de Operaciones PFI		Plan de Compras Directas.	Planificar la demanda de viajes y los inventario de los almacenes.		Control del gasto Logístico.	Gerencia General.	
Gerencia Comercial		Maestro de Productos por volumen y peso.	Verificar el sistema de almacenamiento y la estrategia de ubicación para aumentar la eficiencia en la preparación de pedidos y capacidades.		Oportunidades de mejora en la gestión logística.		
		Simulador de viajes o fletes.	Diseñar un Simulador de Viajes para fletes terrestres, que permita maximizar ocupación de los vehículos y cumplir con los tiempos de suministro.				
Gerencia de Finanzas PFI		Catastro de vehículos afiliados por capacidad de carga.	Contratar servicio de transporte que mejor se adecue a la relación peso-volumen de la carga.				
Operador Logístico de Transporte		Establecer el Sistema de almacenamiento por cada tipo de almacén.	Registrar y controlar el gasto de fletes.				
Operador Logístico de Almacenamiento.		Plantilla de Personal de almacén.	Analizar el resultado del simulador de viajes ideal de acuerdo con la venta al mayor versus real utilizado, plantear acciones correctivas y preventivas para la mejora continua.				
		Pronostico de la demanda del mes y Venta al Mayor del mes.	Medir la ocupación y utilización del almacén externo.				
		Proceso de reposición entre almacenes.					
Criterios de Medición							
Responsable		Indicadores	Formula		Meta	Frecuencia	
Gerente de Operaciones		% Gasto Logístico vs Venta Mayor	$(\text{Gasto Logístico Mes } (\$) / \text{Venta Mayor Mes } (\$)) * 100$		≤ 5 %	Medición Mensual	
Jefe de Almacén		% Cumplimiento de Simulador de Fletes ideal versus Real	Dispersión del resultado de Simulador ideal versus real		± 10%	Medición Mensual	
Gerente de Operaciones		% Ocupación de los almacenes externos.	$(\text{Promedio espacio ocupado mes} / \text{Total espacio rentado mes}) * 100$		70 % a 80%	Medición Mensual	
Recursos:							
Humanos		Documentación	Infraestructura y Tecnológicos				
Gerente de Operaciones		Información del Gasto.	Equipos de computación.			Almacén Pulmón Maracay	
Jefe de Compras		Nomina de personal.	Sistema TPS "Base Grafico" de Perfumes Factory.			Almacén Regulador La Urbina	
Jefe de Almacén.		Valoración de Inventarios	Medio de comunicación Fija y Móvil con Internet .			Almacén de Preparación de pedidos y despacho.	
		Catastro de Vehículos	Red de Servidores.			Vehículo de Carga Propio y Afiliados.	

**Figura 14.** Caracterización de Proceso PR-ES-001

Tipo de Proceso		Operativo-Modular		CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS		Codificación del Proceso:		PR-OP-004	
Versión		01		GERENCIA DE OPERACIONES		Responsable		Gerencia de Operaciones	
Objetivo:				Nombre:				Alcance:	
Establecer las actividades necesarias para la ubicación de los productos facturables y materia prima de acuerdo con sus características y balanceo del espacio que pueda reducir los movimientos internos y cumplir con la regla FIFO.				Ubicar los Productos Facturables o Materias Primas de acuerdo al slotting establecido.				Este proceso aplica desde el momento que la recepción es aprobado hasta que se almacena en el lugar asignado.	
Proveedores		Entradas		Proceso		Salidas		Clientes	
Control de Calidad.		Ocupación de los almacenes.		Realizar la distribución de los artículos (Materia Prima, Productos Facturables y Materiales) dentro de los almacenes, de manera de reducir los tiempos de desplazamiento y espacios, cumpliendo con Normas de Buenas Prácticas de Distribución.		Ubicación de producto.		Jefatura de Almacén.	
Jefe de Compras.		Ficha técnica de productos.		Recibir la aprobación de Control de Calidad		Transferencia en Sistema de Información.		Gerencia de	
		Sistema de Almacenamiento.		Identificar los artículos de acuerdo con la fecha de recepción.					
		Slotting de ubicaciones por producto.		Asignar la ubicación en el almacén de acuerdo a su característica.					
				Validar la disponibilidad de espacio en el área asignada.					
				Indicar movilidad de los artículos.					
				Realizar transferencia en Sistema de acuerdo al almacén asignado.					
Criterios de Medición									
Responsable		Indicadores		Formula		Meta		Frecuencia	
Coordinador de Aprovisionamiento		% Cumplimiento slotting logístico		Auditoría de artículos ubicado en espacio correcto / Distribución de artículos plan.		100%		Diaria	
Recursos:									
Humanos		Documentación		Infraestructura y Tecnológicos					
Coordinador de Aprovisionamiento		Control de recepciones.		Equipos de computación.		Equipos de movilización de carga.			
Asistente de almacenes		Plano slotting de almacén		Sistema TPS "Base Grafico" de Perfumes Factory. Internet		Red de Servidores.			

**Figura 15.** Caracterización de Proceso PR-ES-001



Tipo de Proceso Versión	Operativo-Modular 01	CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS GERENCIA DE OPERACIONES	Codificación del Proceso: PR-OP-001	
Objetivo:		Nombre:	Responsable:	Alcance:
Establecer los requerimientos de los productos facturables y materia prima, necesarios para atender la demanda, incrementar la eficiencia en costos y reducir los gastos logísticos asociados a la compra.		Acompañar la realización de la planificación de compras directas con la Gerencia de Operaciones PFI.	Este proceso aplica desde el momento de la planificación de presupuesto y revisión de inventario hasta el envío de solicitud de requerimientos al área de compras.	
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
Gerencia Comercial y Franquicia.	Presupuesto de Venta Mayor y Detel Mensual.	Revisar el Presupuesto anual de aprovisionamiento planteado por la Gerencia de Operaciones de Perfumes Factory Internacional.	Propuesta de Orden de Compra de productos importados.	Gerencia de Operaciones.
Gerencia de Finanzas.	Cierres de inventario de Compras en Proceso.	Enviar reportes de cierre de ventas mes al Participar en la reunión mensual de planificación de compras directas.	Propuesta de Orden de Compra de productos terminados.	Jefe de Compras
Gerencia de Mercadeo.	Fabricaciones en proceso.	Revisar variabilidad de la demanda por grupo de productos.	Minuta de acciones de la reunión.	
Gerencia de Operaciones PFI	Plan de promociones.	Estudiar los factores de fluctuación de la demanda.		
Proveedores de productos y servicios.	Información del área de compras referente a cantidades, tiempos de entrega y costos de los productos o insumos.	Calcular la razón de disponibilidad de cada producto, de acuerdo a su velocidad de la demanda y su existencia. (Se debe incluir los tiempos muertos).		
		Proponer ordenes de compra y fabricación		
Responsable	Indicadores	Formula	Meta	Frecuencia
Gerente de Operaciones	Cumplimiento de envío de la información	Reportes de cierre enviados a la Gerencia de Operaciones PFI	≤ 8 Días hábiles	Mensual
Gerente de Operaciones	Acompañamiento de reunión mes.	Cumplimiento de acciones de los acuerdos en la reunión	100% Acciones	Mensual
Jefe de Compras	% Cumplimiento emisión OC	(Cant. emisión OC / Total Solicitudes compras)	≥ 95%	Mensual
Humanos		Recursos:		
Gerente de Operaciones PFI	Documentación	Infraestructura y Tecnológicos		
Gerente de Operaciones	Política de inventario de la organización.	Equipos de computación.		
Jefe de Compras	Reportes de cierres de meses	Sistema TPS "Base Grafico" de Perfumes Factory.		
	Base de datos maestra de tiendas.	Internet.		
	Planes de Promoción.	Red de Servidores.		
	Tiempos muertos.	Hoja de cálculo Microsoft Excel formulada.		

Figura 16. Caracterización de Proceso PR-OP-001

Tipo de Proceso Versión	Operativo-Modular 01	CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS GERENCIA DE OPERACIONES	Codificación del Proceso: PR-SO-001	
Objetivo:		Nombre:	Responsable:	Alcance:
Aumentar la confiabilidad de los inventarios físico versus registro del sistema		Elaborar actividades de auditoría de confiabilidad de inventario.	Este proceso aplica desde el momento de la planificación de toma física por grupo de productos	
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
Jefe de Almacén.	Segmentación de productos.	Establecer la segmentación de los grupos de productos para la toma física.	Informe de auditoría de toma física de inventario mes.	Gerente General
Coordinador de Despacho.	Rotación de productos.	Realizar programa anual de conteo por grupo de productos mensual.		Gerente de Operaciones
Coordinador de Aprovisionamiento		Elaborar planilla de conteos y enviar al personal involucrado.		Jefe de Compras
Jefe de Compras		Divulgar cronograma con personal responsable de los almacenes, se debe crear compromiso de cumplimiento.		
		Realizar corte en la documentación facturación, ordenes de compra en proceso y ordenes de fabricación o adecuación, el día de la toma física.		
		Adecuar el área que será auditada para facilitar en conteo.		
		Realizar corte de valoración de los grupos que serán auditados.		
		Realizar toma física y comparar versus valoración.		
		Realizar segundo conteo de ser necesario.		
		Elaborar informe de diferencias de los productos y del cumplimiento de las políticas de almacenamiento (Normas de Buenas Practicas de almacenamiento, almacenamiento y ubicación).		
		Analizar causa raíz de las diferencias y planes de acción.		
Responsable	Indicadores	Formula	Meta	Frecuencia
Jefe de Almacén	% Cumplimiento de cronograma de conteos.	(Conteo realizado de acuerdo con cronograma/ Cronograma de conteo) *100	≥ 98%	Mensual
Jefe de Almacén	% Exactitud Registro de Inventario (ERI) x Grupo de Productos.	(Cant. Conteos OK x SKU / Total SKU auditado) *100	≥ 75%	Mensual
Jefe de Almacén	% Diferencias por unidades x Grupo de Productos	(Cant. Diferencia Unds. x SKU / Total Unds. X SKU auditado) *100	≤ 1.5%	Mensual
Humanos		Recursos:		
Jefe de Almacén.	Documentación	Infraestructura y Tecnológicos		
Coordinador de Despacho.	Hoja de verificación de conteo	Equipos de computación.		
Coordinador de Despacho.	Valoración de inventarios	Sistema TPS "Base Grafico" de Perfumes Factory.		
		Internet.		
		Red de Servidores.		
		Medio de comunicación Fija y Móvil		
		Materiales de embalaje.		
		Impresora Zebra de etiquetas.		
		Impresora laser jet.		

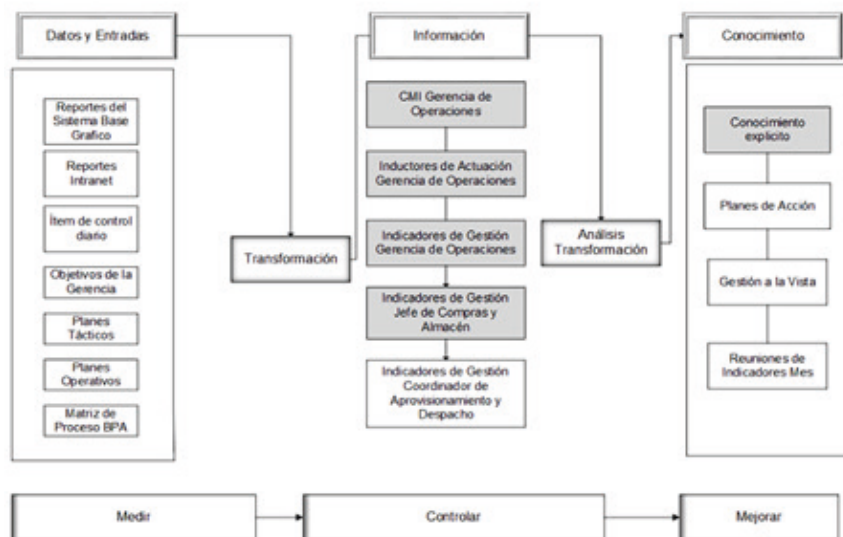
Figura 17. Caracterización de Proceso PR-SO-001

## Diseño del Sistema de Indicadores para la Gerencia de Operaciones

En la Figura 18, se muestra la integración y conexión del CMI con los indicadores e inductores de la gerencia, además de desdoblar de manera vertical con los cargos medios, jefe y coordinadores. La entrada de datos, objetivos, metodologías de medición de procesos, para luego transformar en información y después de análisis con todo el equipo, logra construir el conocimiento explícito que mejora de manera continúa y sistemática los resultados.



## Sistema de Indicadores para la Gerencia de Operaciones

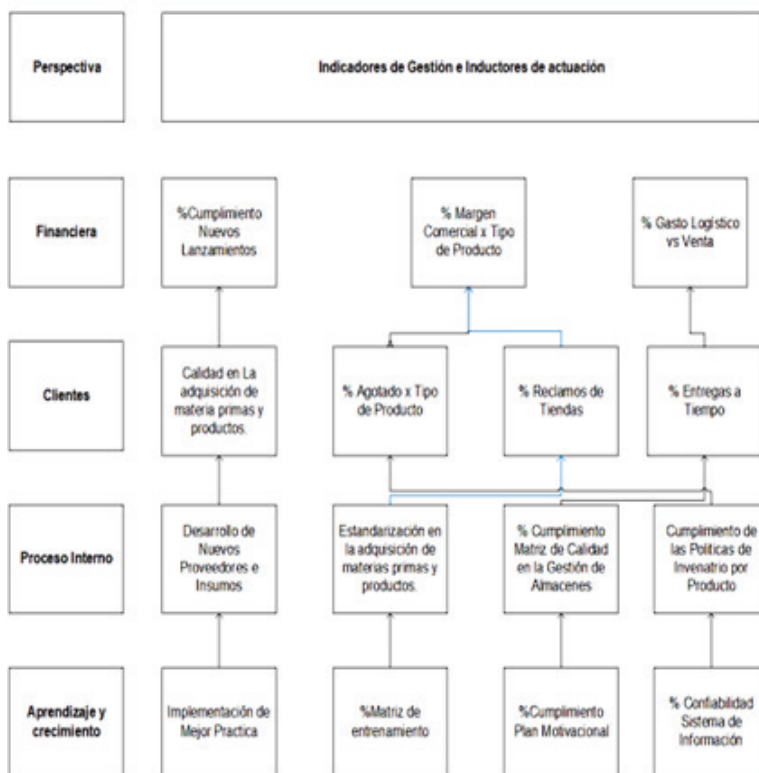


**Figura 18.** Sistema de Indicadores Gerencia de Operaciones

## Cuadro de Mando Integral Gerencia de Operaciones

En la Figura 37 se establecen los indicadores de gestión e inductores de actuación, de acuerdo con las cuatro perspectivas financiera, cliente, proceso interno y aprendizaje y crecimiento. Financiera, en esta perspectiva se considera los nuevos lanzamientos como un valor financiero que requiere la Gerencia General para la Gerencia de Operaciones, debido al valor estratégico que representa para la marca y el modelo de negocio, en un mercado donde la innovación y moda son puntos esenciales. Mantener el costo objetivo y los gastos controlados se convierte en un requerimiento imperativo para mantener los márgenes comerciales y los niveles de rentabilidad establecidos por la organización. Cliente, en esta perspectiva se considera calidad en la adquisición de materias primas y productos terminados, disponibilidad de toda la cartera de productos, exactitud en su requerimiento, entrega a tiempo y servicio postventa.

Proceso Interno, considerar los procesos de innovación que den soporte a los nuevos desarrollos, búsqueda de alternativas de insumos y tendencias, estandarizar en la gestión de compra las especificaciones de los productos y políticas de inventario, establecer una matriz de calidad en la gestión de almacenes que abarque los procesos de recepción, ubicación, almacenaje, adecuación, preparación de pedidos y despacho Aprendizaje y crecimiento, esta perspectiva incentiva a la Gerencia de Operaciones a establecer los procesos de mejora continua basados en el capital humano, con el diseño de metodología de implementación de mejores prácticas, entrenamiento continuo y motivación; además de establecer un infraestructura



**Figura 19.** Cuadro de Mando Integral Gerencia de Operaciones

Las perspectivas fueron vinculadas por su relación causa y efecto, como una secuencia de declaraciones tipo si/entonces.

Para integrar el desarrollo metodológico del informe, se diseñó un modelo de Cuadro de Mando Integral (CMI) para la Gerencia de Operaciones, que pueda evaluar desde las diferentes perspectivas financiera, del cliente, del proceso interno y del aprendizaje y crecimiento; de esta manera plantear un modelo de gestión que permita comunicar y alinear los objetivos estratégicos y tácticos de la gerencia a sus integrantes.

En la Tabla 7 se muestra el diseño de acuerdo con el CMI se especifica el enfoque o perspectiva, las entradas para el cálculo y la forma, el indicador, la periodicidad y la meta establecida.

Enfoque	Entrada	Forma de cálculo	Indicador	Periodicidad	Meta
Al Cliente	Reporte Backorder y Reporte de pedido.	(Cant. Unds Por tipo producto stockout mes / Total Unds por tipo de producto pedido mes) * 100	<b>% Agotado x Tipo de Producto</b>	Mensual	< 5%
Al Cliente	Reporte intranet reclamos de tienda y Reporte de Despacho	(Cant. Reclamos tienda mes / Total pedidos despachados mes) * 100	<b>% Reclamos de Tiendas</b>	Mensual	< 3%
Al Cliente	Reporte de Despacho y Compromisos de entrega por cliente	(Cant. Pedidos a tiempo mes / Total pedidos despachados mes) * 100	<b>% Entregas a Tiempo</b>	Mensual	> 95%
Económico	Actualización de costos objetivos, Precio de venta mayor, cotizaciones y compras	(Precio de Venta por tipo de producto - Costo / Precio de Venta por tipo de producto) x 100	<b>% Margen Comercial x Tipo de Producto</b>	Mensual	> 30% Promedio
Económico	Gasto alquileres, gasto de transporte, gasto operativos y nomina	(Total gasto logístico (\$) mes / Total venta mayor (\$) mes) x 100	<b>% Gasto Logístico vs Venta</b>	Mensual	< 5%

Enfoque	Entrada	Forma de cálculo	Inductor de Actuación	Periodicidad	Meta
Al Cliente	Criterios de evaluación por producto, Acuerdos de calidad con proveedor y Recepción de compras.	Evaluación de Control de Calidad	<b>Calidad en la adquisición de materia primas y productos.</b>	Recepciones	Especificaciones técnicas
Al Proceso	Procesos de la Gestión de almacenes, Normas de Buenas Prácticas de Distribución,	Evaluación Matriz de calidad en la Gestión de Almacenes	<b>% Cumplimiento Matriz de calidad en la Gestión de Almacenes</b>	Mensual	> 90%
Al Proceso	Plan Táctico de Compras	Evaluación de Plan Táctico de Compras	<b>Desarrollo de Nuevos Proveedores e Insumos</b>	Anual	Cumplimiento de las necesidades
Al Proceso	Sistema de Gestión	Evaluación de Control de Calidad	<b>Estandarización en la adquisición de materias primas y productos.</b>	Recepciones	Cumplimiento de los procesos
Al Proceso	Políticas de inventario	Valoración cierre anual (\$) versus pronostico de cierre	<b>Cumplimiento de las Políticas de Inventario por Producto.</b>	Anual	± 15%
Económico	Plan de desarrollos	(Cant. Lanzamientos nuevas fragancias / Total plan) x 100	<b>%Cumplimiento Nuevos Lanzamientos</b>	Mensual	> 90%
Innovación y Aprendizaje	Sistema de Gestión	Evaluaciones Plan táctico de Buenas practicas.	<b>Implementación de Mejor Practica</b>	Anual	100%
Innovación y Aprendizaje	Programa de entrenamiento continuo, entrenamiento, evaluaciones	(Entrenamiento realizado y evaluado / Cronograma de entrenamiento mes ) x 100	<b>%Matriz de entrenamiento personal almacén</b>	Mensual	> 95%
Innovación y Aprendizaje	Iniciativas de motivacionales.	(Iniciativas motivacional implementadas / Cronograma de Plan motivacional mes ) x 100	<b>%Cumplimiento Plan Motivacional personal almacén</b>	Mensual	> 95%

**Tabla 7.** Indicadores e inductores de actuación del CMI para la Gerencia de Operación

## Indicadores de Gestión Gerencia de Operaciones

En este apartado se presentan los indicadores de gestión y los inductores de actuación para los cargos Gerente de Operaciones, Jefe de Almacén y Compras, mediante las Tablas 9, 10 y 11, asociados a cada tipo de proceso y su codificación dada en los apartados anteriores; de igual manera los indicadores e inductores del Cuadro de Mando Integral para la Gerencia de Operaciones.

Para el cargo Gerente de Operaciones, se presentan en la Tabla 8 indicadores e inductores de la Gerencia de Operaciones, la misma se deriva del tipo de proceso y su codificación, las entradas necesarias para su medición, su forma de cálculo, el responsable por la recolección de los datos y la gestión de este, nombre del indicador o inductor, la periodicidad o frecuencia de medición y el umbral o meta diseñada como estándar para cumplimiento.

Tipo de Proceso	Código Proceso	Entrada	Forma de cálculo	Responsable	Indicador	Periodicidad	Meta
Operativo / Medular	PR-OP-005	Valoración de inventario en unidades, cubillaje de los productos, Sistemas de almacenamiento	$(\text{Promedio espacio ocupado mes} / \text{Total espacio rentado mes}) * 100$	Gerente de Operaciones	% Ocupación de cada almacén.	Mes	Entre 60% y 90%
Estratégico / Táctico	PR-ES-001	Gasto de alquileres de almacenes, gastos de transporte por aprovisionamiento, gastos operativos y nómina de operaciones	$(\text{Gasto Logístico Mes} (\$) / \text{Venta Mayor Mes} (\$)) * 100$	Gerente de Operaciones	% Gasto Logístico vs Venta Mayor	Mes	< 3%
Soporte / Apoyo	PR-SO-003	Intranet de reclamos de tienda	$(\text{Total Reclamos motivos Operaciones Mes} / \text{Total Despachos Mes}) * 100$	Gerente de Operaciones	% Reclamos de tiendas	Mes	< 2%

Tipo de Proceso	Código Proceso	Entrada	Forma de cálculo	Responsable	Inductor de Actuación	Periodicidad	Meta
Operativo / Medular	PR-OP-001	Tiempos de reposición, Ventas Mayor y Detall Mes, Cierre de Inventario, Compras Proceso, Iniciativas comerciales y Proyectos	Fecha envío información de cierre mes	Gerente de Operaciones	Cumplimiento de envío de la Información	Mes	< 8 días cierre mes
Operativo / Medular	PR-OP-001	Tiempos de reposición, Ventas Mayor y Detall Mes, Cierre de Inventario, Compras Proceso, Iniciativas comerciales y Proyectos	$(\text{Implementación de acciones} / \text{Minuta de reunión de Planificación}) * 100$	Gerente de Operaciones	% Seguimiento acciones	Mes	> 95%
Estratégico / Táctico	PR-ES-002	Planificación estratégica de la organización.	$(\text{Avance Real del Plan de Trabajo Mes} / \text{Avance Programado Mes}) - 1$	Gerente de Operaciones	% Dispersión del cumplimiento del Plan de Trabajo Gerencia de Operaciones mes	Anual	± 10%
Estratégico / Táctico	PR-ES-003	Detección de necesidades de adiestramiento.	$(\text{Cant. Personal evaluados DNA} / \text{Cant. Total Personal}) * 100$	Gerente de Operaciones	% Cumplimiento de evaluaciones de DNA (Operaciones).	Anual	100%

**Tabla 8.** Indicadores e Inductores Gerencia de Operaciones

A continuación, se presentan en la Tabla 9, indicadores e inductores para el cargo Jefe de Compras; este reporta de manera directa al Gerente de Operaciones y se establecen las mismas especificaciones para su diseño de medición, el objetivo de este cargo es establecer y coordinar toda la gestión de las compras directas e indirectas de la organización para la operación de Venezuela de Perfumes Factory, C.A. ®.

Tipo de Proceso	Código Proceso	Entrada	Forma de cálculo	Responsable	Indicador	Periodicidad	Meta
Soporte / Apoyo	PR-SO-006	Requerimiento de viajes	(Can. No show vehiculo contratado mes / Total de Solicitud de viajes atendidas)	Jefe de Compras	% No show de vehiculo contratado	Mes	< 5%
Soporte / Apoyo	PR-SO-006	Planificación de compras, planificación de aprovisionamiento desde almacén externo	(Peso volumétrico carga por viaje / capacidad volumétrica teórica) *100	Jefe de Compras	% Peso volumétrico	Ocurrencia	> 90%

Tipo de Proceso	Código Proceso	Entrada	Forma de cálculo	Responsable	Inductor de Actuación	Periodicidad	Meta
Operativo / Modular	PR-OP-002	Resultado de Planificación	(Orden de Compra Planificación de compras mes / Planificación de compras mes) x 100	Jefe de Compras	% Cumplimiento Planificación de Compras	Mes	> 95%
Operativo / Modular	PR-OP-002	Fecha de entrega, evaluación de calidad de las recepciones, adecuación de unidades de compra, opciones de pago, crédito y flexibilización en las entregas	Resultado de instrumento de medición de proveedores.	Jefe de Compras	% Cumplimiento Evaluación de Desempeño de Proveedores	Mes	> 95%
Soporte / Apoyo	PR-SO-005	Cronograma de solicitud de cotizaciones, costos ultimas compras, Políticas de reposición	Actualización de base de datos de costos de acuerdo con las políticas de la empresa.	Jefe de Compras	% Costos actualizados	Diario	> 95%
Soporte / Apoyo	PR-SO-006	Consumo de materiales de oficina y otros, solicitudes de las diferentes áreas de la empresa	Políticas de reposición de insumos	Jefe de Compras	Cumplimiento políticas de reposición de insumos	Mes	> 90%

**Tabla 9.** Indicadores e Inductores Jefe de Compras.

El siguiente cargo es el Jefe de Almacén; en la Tabla 10 se muestra el diseño para este cargo de acuerdo con sus responsabilidades dentro de los procesos, este cargo reporta de manera directa a la Gerencia de Operaciones Venezuela, el mismo debe administrar dos clases de almacenes que por su función logística, el primero adecuar y aprovisionar productos al despacho y el segundo es atender los pedidos de las tiendas. Se establecen las mismas especificaciones para los tres cargos a nivel de diseño.

Tipo de Proceso	Código Proceso	Entrada	Forma de cálculo	Responsable	Indicador	Periodicidad	Meta
Operativo / Medular	PR-OP-003	Total recepciones de materia prima y productos mes, Plantilla de personal operativo del almacén	(Total horas recepción mes / Horas laborales mes)*100	Jefe de Almacén	% Utilización dock de carga/descarga	Mes	PID
Operativo / Medular	PR-OP-006	Backorder mes, valoración del inventario diario.	(Cant. Backorder por falta transformación por tipo producto mes / Total venta por tipo de producto)*100	Jefe de Almacén	% No venta x falta de adecuación.	Mes	< 2%
Operativo / Medular	PR-OP-009	Reporte intranet reclamos de tienda y Reporte de Despacho	(Cant. Reclamos tienda mes / Total pedidos despachados mes) x 100	Jefe de Almacén	% Reclamos de Tienda	Mes	< 5%
Estratégico / Táctico	PR-ES-001	Pronóstico de la demanda, planes de producción, Base de datos de productos por peso y volumen. Capacidades de por tipo de flete	Dispersión del resultado de Simulador ideal versus real	Jefe de Almacén	% Cumplimiento de Simulador de Fletes ideal versus Real	Mes	> 90%
Estratégico / Táctico	PR-ES-005	Ausentismo, reclamos de tienda, cumplimiento de adecuaciones en el área de almacén de aprovisionamiento, backorder por motivos e la gestión de almacenes	% Alcance medio ponderado de los resultados del sistema de remuneración variable	Jefe de Almacén	% Alcance medio SRV	Mes	> 90%
Soporte / Apoyo	PR-SO-001	Cronograma de conteos por productos	(Cant. SKU Auditado OK / Total SKU Auditado) * 100	Jefe de Almacén	% Exactitud Registro de Inventario (ERI) x Grupo de Productos.	Mes	> 90%
Soporte / Apoyo	PR-SO-001	Cronograma de conteos por productos. Base de datos por grupo de producto.	(Cant. Unds. Diferencia por grupo producto / Total Unds. Grupo de producto Auditado) * 100	Jefe de Almacén	% Diferencias por unidades x Grupo de Productos.	Mes	< 3%
Soporte / Apoyo	PR-SO-002	Cronograma de entrenamiento continuo, programa de entrenamiento, evaluaciones de entrenamiento.	Resultado de la Matriz de entrenamiento	Jefe de Almacén	% Cumplimiento de Matriz de Entrenamiento	Mes	> 90%
Soporte / Apoyo	PR-SO-003	Intranet de reclamos de tienda	(Total Reclamos motivos almacén Mes / Total Despachos Mes) *100	Jefe de Almacén	% Reclamos de tiendas	Mes	< 2%
Soporte / Apoyo	PR-SO-004	Bitácora de mantenimiento de equipos de movilización de los almacenes	(Total Horas disponible Mes / Total Horas laborales Mes) *100	Jefe de Almacén	% Disponibilidad por Equipo de movilización	Mes	> 90%

Tipo de Proceso	Código Proceso	Entrada	Forma de cálculo	Responsable	Inductor de Actuación	Periodicidad	Meta
Operativo / Medular	PR-OP-004	Auditoria de Plano de ubicaciones por producto, Base de datos de producto, demanda por tipo de producto, dimensiones de los productos	(Cant. Ubicaciones Ok / Total Ubicaciones) * 100	Jefe de Almacén	% Cumplimiento slotting logístico	Mes	> 90%
Operativo / Medular	PR-OP-005	Sistemas de almacenamiento por área, auditoria de procesos.	(Cantidad de área cumpliendo con el sistema de almacenamiento / Diseño de Plan de Sistemas de almacenamiento) *100	Jefe de Almacén	% Cumplimiento sistema de almacenamiento	Mes	> 90%
Estratégico / Táctico	PR-ES-005	Ausentismo, reclamos de tienda, cumplimiento de adecuaciones en el área de almacén de aprovisionamiento, backorder por motivos e la gestión de almacenes	% Alcance medio ponderado de los resultados del sistema de remuneración variable	Jefe de Almacén	% Alcance medio SRV	Mes	> 90%
Soporte / Apoyo	PR-SO-007	Sistemas de almacenamiento por área, Pronóstico de la demanda, Capacidades de almacenamiento por área.	(Cant. Reposiciones Mes por área / Cant. Reposiciones por área Plan Mes)	Jefe de Almacén	% Cumplimiento planes de reposición entre alm	Mes	> 90%

**Tabla 10. Indicadores e Inductores Jefe de Almacén**

# MEJORA CONTINUA

En el apartado anterior se identifica que medir, frecuencia, datos de entrada y responsable, el reto es alcanzar, mantener y mejorar el estándar establecido con acciones constantes y graduales, en ese sentido aplicar el ciclo básico de mejora de la calidad Ciclo Deming.

En la Tabla 11 se muestra la metodología para ser aplicada en las acciones de mejora dando prioridad para en aquellos indicadores fuera del umbral establecido: Planificar las acciones necesarias se debe definir el objetivo de cual es realmente el problema, el responsable y la fecha de la acción, Hacer es documentar e implementar la acción después de aplicar diferentes herramientas de análisis que puedan dar con la causa raíz del problema, Verificar los resultados obtenidos después de aplicar la acción y Actuar es el proceso de análisis de los resultados, de ser satisfactorio deben quedar como una buena práctica o política para ser implementada en los procesos, además de aquellos factores internos o externos que impidieron alcanzar el objetivo.

Plan de Acción PHVA						
Planificar			Hacer	Verificar	Actuar	
¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	Resultados	Issues	Nueva Planificación
Plantear como Objetivo SMART.	Responsable de la acción.	Fecha de inicio de la Acción.	Acción correctiva para eliminar la causa raíz de la no conformidad.	Realizar el seguimiento a la medición de las actividades planificadas.	Analizar aquellos factores que pudieron influir en la no aplicación de la acción o desviación del resultado.	Tomar acciones para mejorar el desempeño.

Tabla 11. Formato Plan de Acción PHVA Gerencia de Operaciones

El seguimiento diario de los ítems de entrada para los indicadores relacionados con el proceso operativo se registrará de acuerdo con la Tabla 12. De esta manera, aplicar acciones de mejoras en algunos y no esperar el cierre de medición mensual.

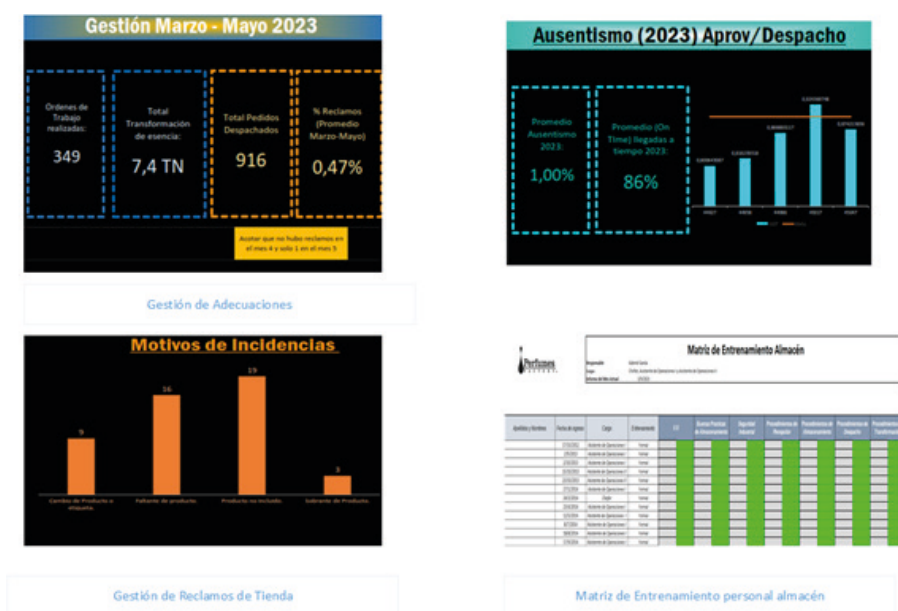
Área	Ítem de Control	Día del Mes				
		1	2	3	4	5
Almacén	Cantidad de Reclamos de Tienda x motivos asociados a la preparación de pedidos.					
Almacén	Entregas a Tiempo de pedido.					
Almacén	Cantidad de Reclamos de Tienda x motivos asociados a adecuación de los productos de MP a PF.					
Almacén	Fletes realizados con Ocupación mayor al 90%					
Almacén	BackOrder por falta de transformación de Materia Prima a Producto Facturable.					
Almacén	Cantidad de roturas dentro del almacén					
Compras	Recepciones rechazadas					
Compras	Cantidad de producto en stockout.					

Tabla 12. Formato Ítems de Control Gerencia de Operaciones

## Gestión a la Vista Área de Almacén

Para la gestión a la vista de la Gerencia de Operaciones se diseña un modelo que se puede adecuar a una cartelera informativa en físico o digital (Figura 38); en la misma se presentarán los indicadores de mayor impacto en la gestión y que puedan ser informados de manera general al público y personal involucrado.

Mediante la herramienta de gráficos y tablas se presentarán los resultados mensuales de la gestión, Matriz de Entrenamiento, Ausentismo laboral, Reclamos de Tienda, Cumplimiento de las transformaciones de materia prima a producto facturable; esta será presentada a los trabajadores del área de almacén por el Jefe de Almacén y el personal de supervisión, con el objetivo de brindar información al personal base (combatir entropía) de los resultados como equipo, apuntando a la mejora continua y motivación.



**Figura 20. Gestión a la Vista Almacén**

## CONCLUSIONES

Basados en la investigación realizada y luego de diseñar el sistema de indicadores de gestión para empresas de perfumes, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el marco metodológico y los resultados que se obtuvieron por la aplicación de las teorías referenciadas, se puede concluir lo siguiente:

- Se desarrolló un análisis DOFA después de aplicar los diagnósticos de las capacidades internas y externas de la organización, como iniciativa adaptativa se propone desarrollar un sistema de gestión operativa basado en los indicadores de gestión e inductores de actuación de la Gerencia de Operaciones.



- La caracterización de los procesos permitió delimitar los elementos de entrada, transformación y salida de los procesos estratégicos, operativos y apoyo que interviene en la gerencia; además de desarrollar los criterios de medición de desempeño, que se convirtieron en la base de los indicadores e inductores del diseño.
- El diseño del sistema de indicadores brinda una herramienta para medir y controlar el desempeño de los procesos, además incluye el complemento del Cuadro de Mando Integral de la Gerencia de Operaciones, como parte de un sistema de información que permite comunicar la estrategia a sus trabajadores.
- Con el ciclo básico de mejora de la calidad Ciclo Deming se propone adoptar la filosofía de mejora continua, aplicando herramientas estadísticas de análisis de datos e incorporar metodologías cualitativas en la resolución de problemas.

## RECOMENDACIONES

- Desarrollar los procesos de planificación estratégica en la organización para lograr definir de manera específica los objetivos y planes de cada gerencia y que los mismos estén alineados con los objetivos macros de la empresa.
- Desarrollar una herramienta de medición y gestión basada en la norma internacional ISO 22716 de Buenas Prácticas de Manufacturas (BPM) para el sector cosmético, relacionados con la capacitación y formación del personal, inducción, salud e higiene personal, instalaciones, equipos, materias primas y empaques, gestión de almacenamiento, gestión de reclamos y transporte, que permita evaluar las brechas y su impacto y mediante proyectos ir alcanzado el estándar internacional.
- Implementar las iniciativas del análisis DOFA alineadas con el diagnóstico realizado.
- Implementar los indicadores por cargo y desarrollar para los cargos de coordinación en los diferentes Departamentos de Compras y Almacén.
- Desarrollar la matriz de Kraljic como herramienta de gestión para clasificar los productos y servicios en función de su importancia y su riesgo, de esta manera desarrollar estrategias para la gestión de compras.
- Desarrollar estudio estadístico por distribución de frecuencias para los tiempos muertos de los diferentes proveedores.
- Desarrollar un instrumento de evaluación cualitativa y cuantitativa por proveedores, que considere flexibilización en las unidades de compra, condiciones de pago, tiempos de entrega, calidad en los despachos (cuantitativo y cualitativo) y adecuación en los costos objetivos de la organización.
- Desarrollar un Sistema de Gestión de Almacén (Warehouse Management System) WMS para

- la gestión operativa de los almacenes, que permita medir la productividad en las actividades de adecuación de los productos y en el proceso desde la recepción hasta el despacho.

## REFERENCIAS

Camisón, C., Cruz, S., González, T. (2006). Gestión de calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas. Editorial Pearson Prentice.

Heizer, J. y Render, R. (2009). Principios de Administración de Operaciones. Editorial Pearson Prentice.

ISO 9001:2015 (2015). Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. Ginebra, Suiza.

Kaplan, R.S. y Norton, D.P. (2002). Cuadro de Mando Integral The Balanced ScoreCard (2da ed). Barcelona: Gestión 2000.

Serna, H. (2008). Gerencia Estratégica. Editorial 3R 2010.

UNE 66175: 2003 (2003). Guía para la implantación de sistemas de indicadores

Zamora, M. (2015). Propuesta de un sistema de indicadores de gestión para el área legal de una empresa productora de alimentos y bebidas de consumo masivo en Venezuela.

UNIMET. Caracas

**FABRÍCIO MORAES DE ALMEIDA:** Consultoria/Pesquisa na área de ciências exatas, computação e engenharia. Além disso, é Professor do Departamento de Engenharia Elétrica – UFRO e Docente/Pesquisador do Programa de Doutorado PGDRA/UFRO.

É Doutor em Física pela UFC desde 2005 com pós-doutorado – UFMT/CNPq (2009). E com especializações nas áreas de Engenharia Elétrica/Produção/Controle e Automação Industrial/ Software. E para saber mais, acesse: <http://lattes.cnpq.br/5959143194142131>.

## A

A1, A2, A3, A4, A9, A10, A11, A12 182  
 Aceite vegetal usado 36, 38, 43, 44, 45  
 Agricultura 1, 12, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 34, 35, 92  
 Amazônia 1, 2, 11, 12, 13, 20, 22  
 Análise do solo 23  
 Análise termogravimétrica (ATG) 62  
 Antena bioinspirada 46, 48, 50, 55  
 Antenas de microfita 46, 47, 48  
 Antioxidantes e anti-inflamatórias 90  
 Aproximadamente 66,66% 182  
 Aquaponia 1, 3, 15, 16, 20, 21, 22  
 Aroeira; etnoecologia 85  
 Automatización 75, 76, 77, 78, 79, 83, 84

## C

Chatbots 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128  
 Código florestal do INEA – RJ 116  
 Comunicação sem fio 46, 47, 48, 50

## D

Diagnóstico industrial 197, 202, 204

## E

Efeitos aleatórios 23, 26, 27, 28, 32, 33  
 Eficiência 75, 83, 84, 196, 202  
 Energía eléctrica 75, 76, 78, 83, 84  
 Estimativa e cálculo de vazão 113  
 Estrutura tridimensional do carbono 138

## F

Fatores de risco e proteção 23  
 FSS (serviço fixo por satélite) 55

## G

Gestión de almacenes 196, 214  
 Gestión de compras 196, 222

## I

Indicadores de gestão 196, 197, 199, 202, 203, 204, 210, 214, 216, 221, 223

indutores de atuação 196, 203, 204, 214, 216, 221

Inteligência artificial 1, 3, 5, 16, 20, 21

Intervenção educativa 118

IoT 1, 2, 3, 16, 18, 19, 20, 21, 84

Isômeros ópticos 133, 134, 135, 136, 138, 140, 142, 148, 156, 158, 159, 160, 161, 162

## J

Jabón líquido 36, 37, 39, 41, 43, 44, 45

## M

Matriz del perfil de capacidad interna (PCI) 198

Modelagem de dados 1, 5

Modelos estatísticos 26

## N

Nitrato de lantânio hexahidratado 63

Números racionais 166, 167, 169, 170, 171, 174, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 187, 189, 190, 191, 194

## P

Paneles solares 75, 76, 77, 78, 80, 83

Propiedades fisicoquímicas 36, 38, 39, 43, 44, 45

Purificación de aceite 36, 38

## R

Rede de octaedros 59

Reservatórios de detenções 108

## S

Schinus 85, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 100, 101, 102, 103, 104

Sostenibilidad 36, 38, 83, 84

## T

Tecnología educativa 118, 123, 131

Terebinthifolius 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104

Terpenos 86, 89, 90, 91, 93, 94, 100

Avanços interdisciplinares nas

# CIÊNCIAS EXATAS

e seus impactos tecnológicos



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

Avanços interdisciplinares nas

# CIÊNCIAS EXATAS

e seus impactos tecnológicos



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)