

# Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

3

Francisco Odécio Sales  
(Organizador)

  
Atena  
Editora  
Ano 2021

# Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

3

Francisco Odécio Sales  
(Organizador)

  
Atena  
Editora  
Ano 2021

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a 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 Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

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  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
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  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andreza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Kimberly Elisandra Gonçalves Carneiro  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Francisco Odécio Sales

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

C569 Ciências exatas e da terra: exploração e qualificação de diferentes tecnologias 3 / Organizador Francisco Odécio Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-712-3

DOI 10.22533/at.ed.123211301

1. Terra. 2. Ciências Exatas. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Título.

CDD 551.1

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

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, 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 do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A coleção “Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias 3” é uma obra que objetiva uma profunda discussão técnico-científica fomentada por diversos trabalhos dispostos em meio aos seus 22 capítulos. Esse 3º volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam nos vários caminhos das Ciências exatas e da Terra, bem como suas reverberações e impactos econômicos e sociais.

Tal obra objetiva publicizar de forma objetiva e categorizada estudos e pesquisas realizadas em diversas instituições de ensino e pesquisa nacionais e internacionais. Em todos os capítulos aqui expostos a linha condutora é o aspecto relacionado às Ciências Naturais, tecnologia da informação, ensino de ciências e áreas afins.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam por inovação, tecnologia, ensino de ciências e demais temas. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes campos da engenharia, ciência e ensino de forma temporal com dados geográficos, físicos, econômicos e sociais de regiões específicas do país é de suma importância, bem como abordar temas atuais e de interesse direto da sociedade.

Deste modo a obra Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias 3 apresenta uma profunda e sólida fundamentação teórica bem com resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que desenvolvem seu trabalho de forma séria e comprometida, apresentados aqui de maneira didática e articulada com as demandas atuais. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

Francisco Odécio Sales

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

A COMPARATIVE STUDY BETWEEN MICROSTRUCTURE AND MICROHARDNESS IN HYPEREUTECTIC Al-Fe ALLOY PROCESSED BY LASER SURFACE REMELTING

Moises Meza Pariona

**DOI 10.22533/at.ed.1232113011**

### **CAPÍTULO 2..... 15**

UMA ANÁLISE DA COMERCIALIZAÇÃO E CONTROLE METROLÓGICO DE GNV NO BRASIL

Edisio Alves de Aguiar Junior

Rodrigo Ornelas de Almeida

**DOI 10.22533/at.ed.1232113012**

### **CAPÍTULO 3..... 22**

ANÁLISE DE FALHA POR MEIOS DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE RAIOS-X DE UM SENSOR DE TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA AUTOMOTIVA

Miguel Angel Neri Flores

**DOI 10.22533/at.ed.1232113013**

### **CAPÍTULO 4..... 35**

ASTROFÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Karina Edilaini da Silva Barros

**DOI 10.22533/at.ed.1232113014**

### **CAPÍTULO 5..... 48**

AVALIAÇÃO DE METAIS EM LODO RESIDUAL DE UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGEM DE PAPEL RECICLADO NO INTERIOR DO PARANÁ

Amália Gelinski Gomes

Cristiana da Silva

Délia do Carmo Vieira

Adriana Pereira Duarte

Janksyn Bertozzi

Alessandra Stevanato

**DOI 10.22533/at.ed.1232113015**

### **CAPÍTULO 6..... 68**

BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS E DE FABRICAÇÃO: IMPORTÂNCIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DE PIMENTA *CAPSICUM*

Cleide Maria Ferreira Pinto

Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto

Roberto Fontes Araújo

Sérgio Mauricio Lopes Donzeles

**DOI 10.22533/at.ed.1232113016**

**CAPÍTULO 7.....99**

**COMPARATIVO ENTRE TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM GEOESTATÍSTICA EM UMA PARCELA EXPERIMENTAL**

Ícaro Viterbre Debique Sousa  
Heron Viterbre Debique Sousa  
Antonio Mendes Magalhães Júnior  
Paulo Henrique Gomes dos Santos  
Álvaro Vinícius Machado  
Igor Luis de Castro Faria  
Hudson Marques Machado  
Marcus Vinícius Gonçalves Antunes

**DOI 10.22533/at.ed.1232113017**

**CAPÍTULO 8..... 107**

**CORRELAÇÃO ENTRE DPL E SPT PARA CAMADA DE AREIA EM DEPÓSITO EÓLICO DE FORTALEZA, CEARÁ**

Samuel Castro Prado  
Giullia Carolina de Melo Mendes  
Marcos Fábio Porto de Aguiar

**DOI 10.22533/at.ed.1232113018**

**CAPÍTULO 9..... 115**

**DENSIDADE E SUCESSÃO ECOLÓGICA DAS ÁREAS CILIARES NA MICROBACIA URBANIZADA DO MUNICÍPIO DE GURUPI-TO**

Marcos Vinicius Cardoso Silva  
Asafe Santa Bárbara Gomes  
Maria Cristina Bueno Coelho  
Nelita Gonçalves Faria de Bessa  
Juliana Barilli  
Marcos Vinicius Giongo Alves  
Maurilio Antonio Varavallo  
Mauro Luiz Erpen  
Yandro Santa Brigida Ataíde  
Mathaus Messias Coimbra Limeira

**DOI 10.22533/at.ed.1232113019**

**CAPÍTULO 10..... 125**

**ELETRODO DE GRAFITE EXTRAÍDO DE PILHA COMUM E SUA REUTILIZAÇÃO NA ELETRÓLISE DA SALMOURA**

Amanda Maria Barros Alves  
Aurelice Barbosa de Oliveira  
Filipe Augusto Gomes Braga  
Marcus Raphael Souza Leitão

**DOI 10.22533/at.ed.12321130110**

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>134</b>
<b>FITÓLITOS DE SEDIMENTOS E PLANTAS – MÉTODOS DE EXTRAÇÃO E SUAS APLICAÇÕES</b>	
Heloisa Helena Gomes Coe	
David Oldack Barcelos Ferreira Machado	
Sarah Domingues Fricks Ricardo	
Karina Ferreira Chueng	
<b>DOI 10.22533/at.ed.12321130111</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>150</b>
<b>INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBÉ: CONTRIBUIÇÕES AO PLANEJAMENTO E À GESTÃO PÚBLICA DE LONDRINA – PR</b>	
Gilnei Machado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.12321130112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>162</b>
<b>MEDIÇÃO EXPERIMENTAL E MODELAGEM TERMODINÂMICA DO EQUILÍBRIO LÍQUIDO-LÍQUIDO DE SISTEMAS CONTENDO ETANOL, ACETATO DE ETILA E ÁGUA</b>	
Natalia Inacio Lourenço	
Edson Massakazu de Souza Igarashi	
Pedro Felipe Arce-Castillo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.12321130113</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>173</b>
<b>MODIFICAÇÃO NA ESTRUTURA MOLECULAR DO ÁCIDO SALICÍLICO E BIOENSAIOS TOXICOLÓGICOS FRENTE A LARVAS DE <i>Artemia salina</i> LEACH</b>	
Carlos Eduardo Rodrigues Aguiar	
Yasmim dos Santos Alves	
Tatiana de Almeida Silva	
Bruna Barbosa Maia da Silva	
Jaqueline Ferreira Ramos	
Josefa Aqueline da Cunha Lima	
Jadson de Farias Silva	
Juliano Carlo Rufino Freitas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.12321130114</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>184</b>
<b>O USO DO SIG NO DESENVOLVIMENTO DOS GRUPOS DE ESTUDOS: O CASO DO GRUPO “ANÁLISE GEOAMBIENTAL E SUAS PAISAGENS DE EXCEÇÃO” - ANGEO</b>	
Ana Carla Alves Gomes	
Ana Lúcia Moura Andrade	
Emerson Rodrigues Lima	
Gabriely Lopes Farias	
Tháís Helena Nunes da Silva	
Maria Lúcia Brito da Cruz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.12321130115</b>	

<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>196</b>
POTENCIAL SOLAR NA ILHA DE FLORIANÓPOLIS – PROPOSTA DE MÉTODO	
Vivian da Silva Celestino Reginato	
<b>DOI 10.22533/at.ed.12321130116</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>211</b>
QUEIJOS COLONIAIS COMERCIALIZADOS NA MICRORREGIÃO DE FRANCISCO BELTRÃO, PARANÁ: AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA E PERFIL DE RESISTÊNCIA BACTERIANA	
Kérley Braga Pereira Bento Casaril	
Katiana Henning	
Caroline Giane de Carli	
Ariane Spiassi	
Débora Giaretta Zatta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.12321130117</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>228</b>
SEQUÊNCIA DE FIBONACCI: A MATEMÁTICA PRESENTE NA NATUREZA	
José Augusto Pereira Nogueira	
Antonia Erineide Cavalcante	
<b>DOI 10.22533/at.ed.12321130118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>235</b>
SOFTWARE GEOGEBRA COMO PROPOSTA PARA O ENSINO DE FUNÇÕES VETORIAIS	
Maurício do Socorro Rodrigues Ferreira	
José Francisco da Silva Costa	
Nélio Santos Nahum	
Walber Do Carmo Farias	
José Augusto dos Santos Cardoso	
Rosenildo da Costa Pereira	
Reginaldo Barros	
Rodinely Serrão Mendes	
Rosana dos Passos Corrêa	
Márcio José Silva	
Joana Darc de Sousa Carneiro	
Genivaldo dos Passos Corrêa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.12321130119</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>250</b>
TERMOS/SINAIS DA TABELA PERIÓDICA: POSSIBILIDADE DE ACESSO E APRENDIZAGEM DOS ALUNOS SURDOS	
Vanessa Argolo Oliveira	
Jorge Fernando Silva de Menezes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.12321130120</b>	

<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>263</b>
<b>EFFECT OF <i>Luehea divaricata</i> AND <i>Pterodon emarginatus</i> EXTRACTS ON THE OXIDATIVE STABILITY OF SOYBEAN BIODIESEL</b>	
Anelize Felício Ramos	
Lucas Lion Kozlinskei	
José Osmar Castagnolli Junior	
Thiago Mendanha Cruz	
Eder Carlos Ferreira de Souza	
Sandra Regina Masetto Antunes	
Pedro Henrique Weirich Neto	
Maria Elena Payret Arrúa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.12321130121</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>275</b>
<b>ANODO DE ALUMÍNIO COM NANOPOROS CONTENDO NIÓBIO PARA USO EM SISTEMA ARMAZENAMENTO DE ENERGIA RENOVÁVEL</b>	
Guilherme Arielo Rodrigues Maia	
Paulo Rogério Pinto Rodrigues	
Josealdo Tonholo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.12321130122</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>286</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>287</b>

# CAPÍTULO 1

## A COMPARATIVE STUDY BETWEEN MICROSTRUCTURE AND MICROHARDNESS IN HYPEREUTECTIC AL-FE ALLOY PROCESSED BY LASER SURFACE REMELTING

*Data de aceite: 04/01/2021*

**Moises Meza Pariona**

Graduate Program in Engineering and Materials Science, State University of Ponta Grossa (UEPG), Ponta Grossa, PR, Brazil

**ABSTRACT:** In this work hypereutectic Al-2.0 wt% Fe alloy was used, the whole surface of the sample was covered with consecutive and superimposed weld fillets by means of laser surface remelting (LSR) technique. Microstructure was analyzed by optical microscopy, field-emission scanning electron microscopy and Vickers technical. Results obtained in this study indicate in LSR-treatment occurred rapid heating and followed by rapid cooling, resulting in formation of a thin recast layer with a refined microstructure, with dissolution of precipitates and inclusions, and formation of metastable phases, devoid of microcracks in the cast region and with smaller protuberance on the weld fillets, resulting so a homogeneous characteristic of the treated region that the substrate. Furthermore, analysis of Vickers hardness were done in the cross-sectional area of treated sample and on the treated sample surface. Resulting in a greater microhardness of the treated region than untreated substrate.

**KEYWORDS:** Laser surface remelting, Al-2.0 wt.% Fe, microstructure, microhardness, OM, FESEM.

**RESUMO:** Neste trabalho foi utilizada a liga hipereutética Al-2,0 wt% Fe, toda a superfície da amostra foi coberta com filetes de soldadura consecutivos e sobrepostos por meio da técnica de refusão de superfície a laser (LSR). A microestrutura foi analisada por microscopia óptica, microscopia electrónica de varredura por emissão de campo e técnica Vickers. Os resultados obtidos neste estudo indicam que no tratamento RSL ocorreu um rápido aquecimento e seguido de um rápido resfriamento, resultando na formação de uma fina camada refundida com uma microestrutura refinada, com dissolução de precipitados e inclusões, e formação de fases meta-estáveis, desprovidas de microfissuras na região fundida e com menor protuberância nos filetes de soldadura, resultando numa característica tão homogênea da região tratada que o substrato. Além disso, a análise da dureza Vickers foi feita na secção transversal da amostra tratada e na superfície da amostra tratada. O resultado foi uma microdureza maior da região tratada do que a do substrato não tratado.

**PALAVRAS-CHAVES:** Laser superficial refusão, Al-2.0 wt.% Fe, microestrutura, microdureza, OM, MEV

### 1 | INTRODUCTION

Laser surface remelting (LSR) has attracted increasing interest in recent years due to its special capabilities. High energy density of LSR translates into efficient use of energy for remelting, because LSR modifies surface properties of a material without affecting its bulk

properties. LSR results in rapid quenching of the molten material by conduction into the cold subsurface after rapid irradiation. This type of behavior was also observed by Kalita [1], who applied laser surface melting (LSM) technique in a study of high strength aluminum alloys (HSAL).

Pariona et al. [2, 3] used LSR technique in a study of hypoeutectic Al-1.5 wt.% Fe alloy. Characterization of the cast region revealed the formation of a refined, dense and highly homogeneous microstructure, as well as cracking, noticeably with a high formation of protuberance on the weld fillets than alloy untreated. An overlapping line of consecutive weld fillets was also perceptible in the cast region of this alloy, which resulted in an increase of about 61% in hardness compared to the base material. According to Pariona and et al. [4], which the Marangoni effect influence thermal gradient in the molten pool a high temperature, meanwhile, also it produces effects in quality and properties of microstructure, morphological characteristic and as well as quality of laser-treated workpiece track. Yet these same authors confirmed, at low laser beam velocities, the morphology is higher and quality of track presents many defects than at high laser beam velocities.

This study involved LSR treatment of hypoeutectic Al-2.0 wt.% Fe alloy. The samples was characterized by various techniques, including optical microscopy (OM), scanning electron microscopy (SEM) and vickers microhardness test. Analysis of Vickers hardness were done in the cross-sectional area of treated sample and on the treated sample surface. The microstructure and microhardness of laser-treated layer were systematically investigated to correlate their properties with process involved.

## 2 | MATERIALS AND METHODS

### 2.1 Material

Hypereutectic Al-2.0 wt.% Fe alloy under study was prepared with commercially pure raw materials. The material was cast in a resistance furnace (muffle) by pouring the liquid metal into a cylindrical ingot mold and cooling in ascending mode. Resulting ingot was sectioned into various samples, which were sand blasted individually to determine the chemical composition of alloy by energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry (Shimadzu EDX-7000), as indicated in Table 1.

Material	Impurity			
	Fe	Si	Cu	Ni
Al 99.76%	0.09%	0.06%	0.06%	0.03%
Fe 99.97%	-	0.01%	0.01%	0.01%

Table 1. Chemical composition of materials used for manufacture of Al-2.0 wt.%Fe alloy.

## 2.2 Laser surface treatment

In this research, Al-2.0wt% Fe alloy was applied to a laser surface remelting (LSR) process, without gas protection, using a 2 kW Yb-fiber laser (IPG YLR-2000S) in order to examine treated and untreated layers. LSR treatment was performed in a laboratory at Institute for Advanced Studies (IEAv) of *Aerospace Technical Center* (CTA-ITA) in São Jose dos Campos, SP, Brazil. A laser scanning speed of 40 mm s<sup>-1</sup> was applied. Average power of the laser beam was set at 600 W and the power density on the sample surface was estimated at 4.8 × 10<sup>5</sup>W cm<sup>-2</sup>. Laser-treated samples were covered with several weld fillets during the remelting process [5].

## 2.3 Equipment for microstructural and morphological characterization

Various microstructural characterization techniques were employed to gain a better understanding of microstructural effects of Al-2.0 wt.%Fe alloy LSR-treated under this study. The techniques applied procedure were optical microscopy (OM), field-emission scanning electron microscopy (FESEM) coupled to energy dispersive spectroscopy (EDS) and Vickers microhardness testing, which are described in details below.

LSR treated samples were analyzed by OM (Olympus BX51) couple to a Q-Color 3 digital camera to capture images. Prior to studying the LSR treated layer, the cross-sections were cut out of the samples using a diamond blade and they were sanded and polished. Samples were chemically etched with hydrofluoric acid 0.5 % (v/v) at intervals 30 to 45 seconds, after they were polished with metallographic polishing pads, using only water, to ensure that LSR treatment would not be impaired.

Laser-treated material and substrate were analyzed by FESEM (MIRA 3 LM) coupled to EDS to examine the microstructural changes caused by laser treatment.

## 2.4 Vickers microhardness testing

Vickers hardness (HV) tests were performed using a Leica VMHT MOT microhardness tester operating with a load of 0.1 kg at 15 seconds (HV 0.1 15s). The tester was applied in the cross-sectional area of treated specimen, to different penetration depths until it reached the base material. Penetration depths of the tester from the surface in the treated material region were approximately 50µm, 100µm and 200µm, however, 300µm, 500µm and 700µm were in the base material region as shown on schematic in Figure 1. At each of these depths, 15 micro-indentations were made in lines parallel to surface. Average hardness and standard deviation at each of selected depths were calculated based on data obtained.

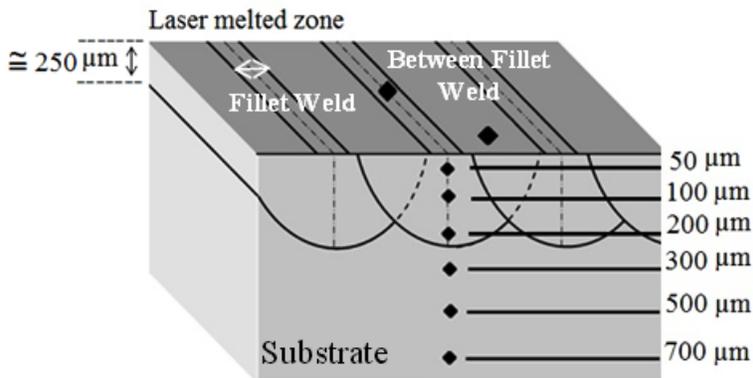


Figure 1 – Schematic diagram of weld fillets on the sample surface and in the cross-sectional area showing the penetration depth of Vickers indenter in LSR-treated sample

For preparation of HV tests, a cross-sectional sample was sanded with 600 and 1200 grit sandpaper and polished with colloidal silica to reduce its roughness, thereby preventing roughness that could interfere in the results of HV measurements. Besides, microhardness was measured on the laser-treated sample surface, which was cleaned only with water to prevent that it could be modified. Furthermore, the material's hardness was tested on the weld fillets region and between them.

## 3 | RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 Surface characterization of laser-treated samples

Figure 2 illustrates the morphology of hypereutectic Al-2.0 wt.% Fe alloy laser-treated and analyzed by OM and FESEM, showing characteristics of the weld fillets formed during laser treatment. OM image in Figure 2(a) shows the surface morphology, while FESEM image in Figure 2(b) shows the morphology in more detail on the weld fillets region and between the weld fillets. As can be seen, on the weld fillet region contains a higher concentration of defects if compared with the weld fillets region. Zhang et al. [6] and Kalita et al. [1] reported a similar result. In Figure 2(b), the distance between the weld fillets is approximately 300  $\mu\text{m}$ . It was noticed the presence of several nanopores, which may be attributed to volatilization of inclusions or vaporization of the substrate itself, caused by hydrogen and moisture in the atmospheric air, which are absorbed in the laser-treated region favoring the formation of pores. These results are consistent with reported of Yilbas et al. [7] and Pariona et al. [2]. The micrograph in Figure 2(c) shows on the weld fillets region under higher magnification, it showing concentration of defects in more details. Figure 2(d), also at increased magnification, shows between the weld fillets region, a more uniform morphology

with a columnar-like structure. Pariona et al. [2] also observed these structures in Al-1.5 wt% Fe and Li et al. [8], these last authors stated that Al-Co-Ce alloys contain Al-rich eutectic regions whose structure and was similar to Al-2.0wt.% Fe alloy. Peculiar characteristics of the microstructure shown in Figure 2 (d), resented by a highly improved properties, such as: hardness, corrosion and wear resistance, which is resulted of precipitates dissolution and formation of metastable phases. Several authors have reported similar results, among them, Damborenea [9], Pinto [10], Yue et al. [11], Majumdar et al. [12], Bertelli et al. [13], and Pariona et al. [2].

Pariona et al. [2] analyzed hypoeutectic Al-1.5 wt.% Fe alloy LSR-treated and observed presence of microcracks between the weld fillets. However, this phenomenon in this study was not observed in hypereutectic Al-2.0 wt% Fe alloy LSR-treated, as can be seen in Figure 2(c) and (d). Lack of microcrack was expected, since, according to Mondolfo [14], formation Al-Fe alloys is impaired, when the material contains coarse  $Al_3Fe$  particles or intermetallic phase, which tend to producemicrocracks and reduce formability, whereas, this does not occur with presence of  $Al_6Fe$  finely dispersed in Al-2.0 wt.% Fe alloy, however, the  $Al_3Fe$  intermetallic phase does not appear in this alloy, as demonstrated by Pariona and Micene [15] by low-angle X-Ray diffraction analysis. Meanwhile, Gremaud et al. [16] reported, increasing the cooling rate of hypereutectic alloys containing up to 9 wt.% of Fe suppresses formation of stable  $Al_3Fe$  phase, which is replaced by  $Al_6Fe$  phase, which confirms our result.

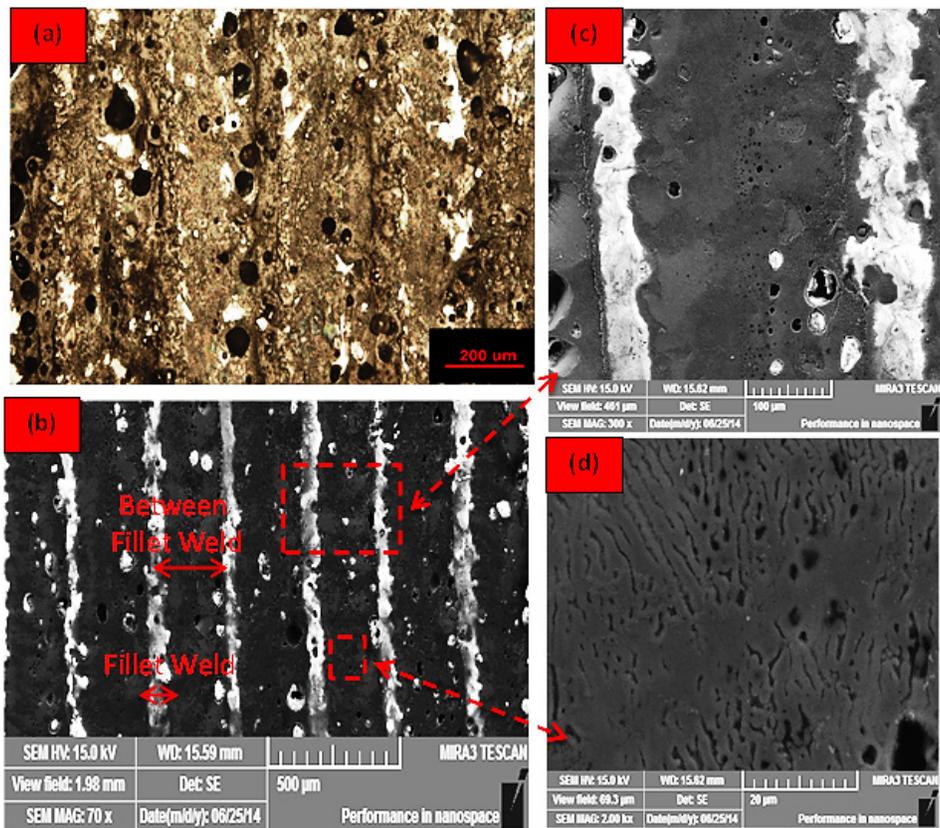


Figure 2 – (a) OM, and (b) FESEM images of the morphology of hypereutectic Al-2.0 wt% Fe alloy LSR-treated surface, showing regions on the weld fillet and between the weld fillets, (c) on the weld fillet region at increase magnification, and (d) between weld fillets region under higher magnification.

### 3.2 Characterization in the cross-section of laser-treated and untreated materials

Figure 3 shows a cross-sectional analysis by OM. In this region can be observed the penetration depth of the treated region was around  $250\ \mu\text{m}$ , and the distance between the weld fillets was approximately  $300\ \mu\text{m}$  (also was shown in the first micrograph, Figure 2). Note clearly visible difference of the treated region microstructure and of the substrate.

The laser melted surface micrograph is shown at Figure 3, as can be seen it is free of microcracks and the melted regions are free of precipitates too. A fine microstructure of the melt zone is attributed to high cooling rate. Microstructure obtained in this work is similar to other laser melted aluminum alloys, as reported in the literature, i.e., Watkins et al. [17] reported that the microstructure of laser melted AA 2014 consists of columnar grains growing epitaxially from the substrate. Although, maximum melt depth observed in this work

was  $250\mu\text{m}$  (Fig. 3); however the thickness of this zone depends of laser power and of the Maragoni effect, as was discussed by Pariona et al. [5], these authors demonstrated when the laser beam velocity is low, therefore the molten zone depth is greater.

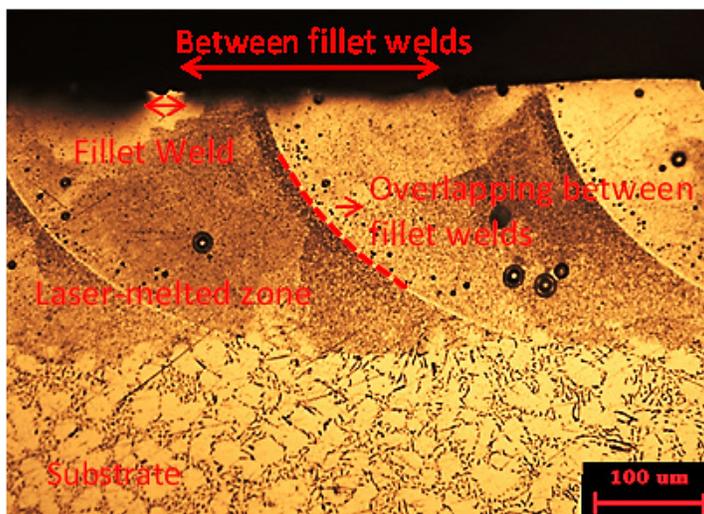


Figure 3 – OM micrograph in the cross sectional area of laser-treated material

Figure 3 also shows zones where there is overlapping of consecutive weld fillets. This overlapping is more common in Al-2.0 wt.% Fe alloy than in Al-1.5 wt.% Fe alloy, reported by Pariona et al. [2, 3, 5]. Kalita et al. [1] also reported overlapping of consecutive weld fillets and Cordovilla et al. [17] pointed out as essential tool to understand way in which each track affects the microstructures produced by previous one

Figure 4 depicts a cross-sectional LSR-treated sample and analyzed by SEM, showing some regions of substrate and the as-cast microstructure. In the cast area in Figure 4, note presence of protuberances, which correspond to on the weld fillet region (also shown in Figure 3). According to Pariona et al. [4], presence of protuberances is more noticeable in Al-1.5 wt.% Fe alloy than in Al-2.0 wt.% Fe alloy. Figure 4(a) also shows an overlapping line of consecutive weld fillets. Figure 4(b) and (e) show the substrate region and the laser-treated area under higher magnification, showing a visibly different microstructure, with a dendritic-like structure. This microstructural difference between untreated substrate and LSR-treated region is attributed to temperature applied on the material surface, which exceeded its melting point but was lower than boiling point, followed by rapid cooling in laser treatment process and this leads a high thermal gradient, and so in this way produces the laser melted zone. This treatment resulted in formation of a thin recast layer with a refined microstructure practically free of precipitates, inclusions and intermetallic phases [16], as

can be clearly seen at the magnified image, Figure 4(d), with a columnar dendrite structure, Watkins et al. [17] and, Grum and Sturm [18] have also reported this characteristic in laser cast materials. Figure 4(c) shows the substrate region, which is also displayed under higher magnification in Figure 4(f), showing presence of intermetallic phase dispersed in the matrix. A comparison in more detail of Figures 4(d) and 4(f) reveals that the treated region morphology is more homogeneous, without presence of the intermetallic phase that extends throughout the recast area and showing evidence of transition from coarse-grained to fine-columnar-dendrite structure. According to Pariona et al. [2], behavior of the laser treated region is homogeneous and similar to an amorphous phase; hence, it shows greater hardness, lower surface roughness, and higher corrosion resistance, reported by Pariona and Micene [15].

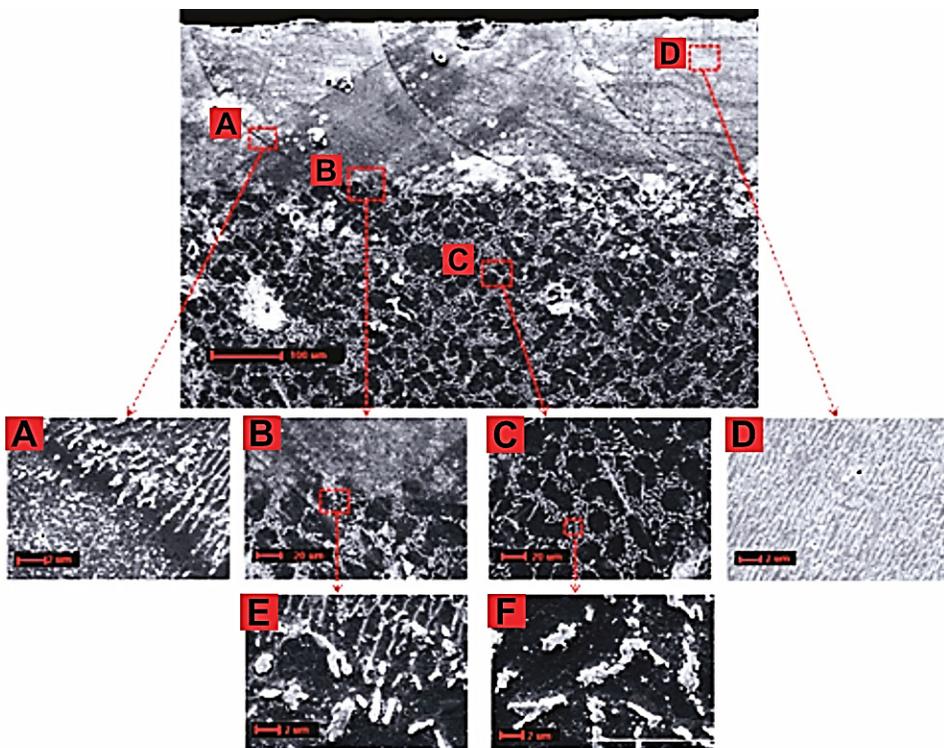


Figure 4 – SEM micrograph in the cross-sectional sample of Al-2.0 wt.% Fe alloy LSR-treated: (a) overlapping line of consecutive weld fillets, (b) interface of treated surface and substrate, (c) substrate unaffected by laser treatment, (d) detail in the cast region, (e) interfacial region of the treated surface and substrate, and (f) detail of the substrate unaffected by laser treatment.

### 3.3 Vickers Microhardness Test

Vickers hardness test was accomplished in this work and by means of a microscope coupled to the tester, the “d1” and “d2” diagonals formed in area indented by pyramid were measured, and these parameters were used to calculate Vickers hardness. Figure 5 illustrates indented areas used for calculation of the hardness of Al-2.0 wt.% Fe samples.

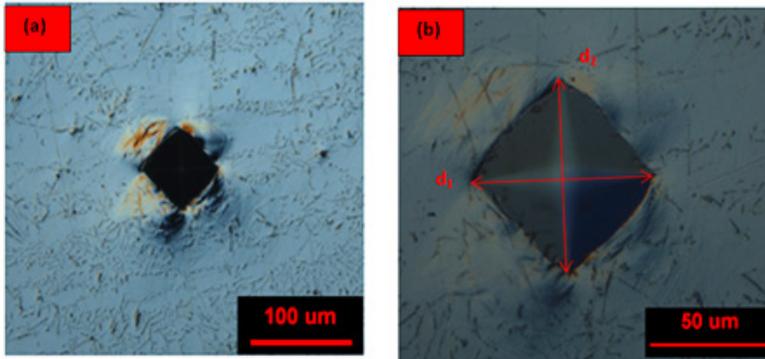


Figure 5 – (a) Area indented by HV tester in Al-2.0 wt.% Fe sample, (b) deformed region shown under higher magnification

Microhardness profiles were measured along in a cross-sectional sample, for laser-treated layer and untreated. These measurements were taken along lines parallel to surface at depths of 50, 100, 200, 300, 500 and 700  $\mu\text{m}$ , applying a load of HV 0.1 for 15s. Figure 6 illustrates, the 15 micro-indentations made in the cross section and at each of these depths to measure the hardness. Average hardness values and standard deviation (s.d.) at each depth were calculated based on these measurements, and are given in Table 2.

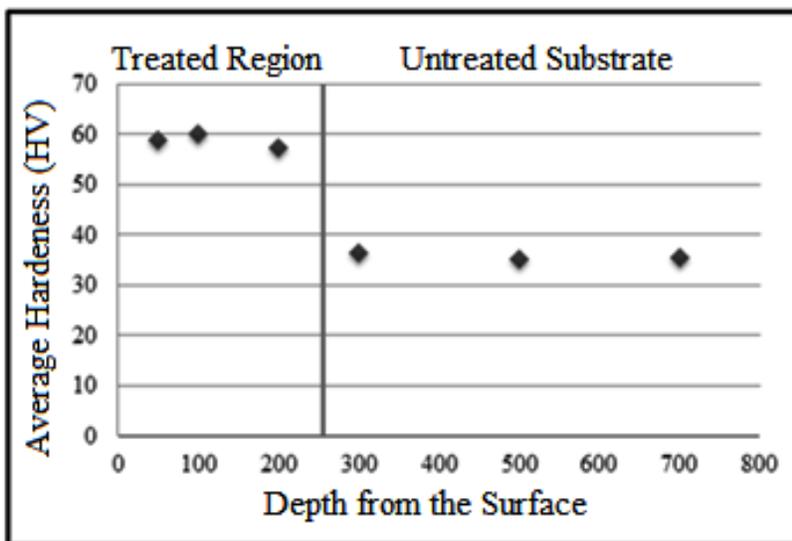


Figure 6 – Vickers hardness analysis (HV 0.1 15s) of LSR-treated layer and untreated substrate.

Region	Depth the surface	Average of VH	S.d Deviation of VH
Treated region	50 µm	59.0	3.15
	100 µm	60.0	3.8
	200 µm	57.4	3.0
Untreated region	300 µm	36.5	1.43
	500 µm	35.2	1.44
	700 µm	35.4	1.68

Table 2. Vickers hardness Analysis in a cross-sectional area, in sample treated and untreated (VH 0.1 15s).

An analysis of the data in Table 2 indicates the HV is the higher on the LSR treated region than the untreated region. The average hardness of the treated region is 58.8 HV, while that of the untreated region is 35.7 HV, which corresponds at 60.7% increase in hardness in the treated region compared to the untreated region.

The data in Table 2, also is shown in graphical form in Figure 7, it clearly show increase in hardness at treated region than untreated substrate. This difference is attributed to microstructural changes as resulting of LSR-treated. In other studies involving LSR treatment of materials, similar results have been obtained by Yao et al. [19] and others, who reported a significant increase in hardness in laser-treated region than untreated region.

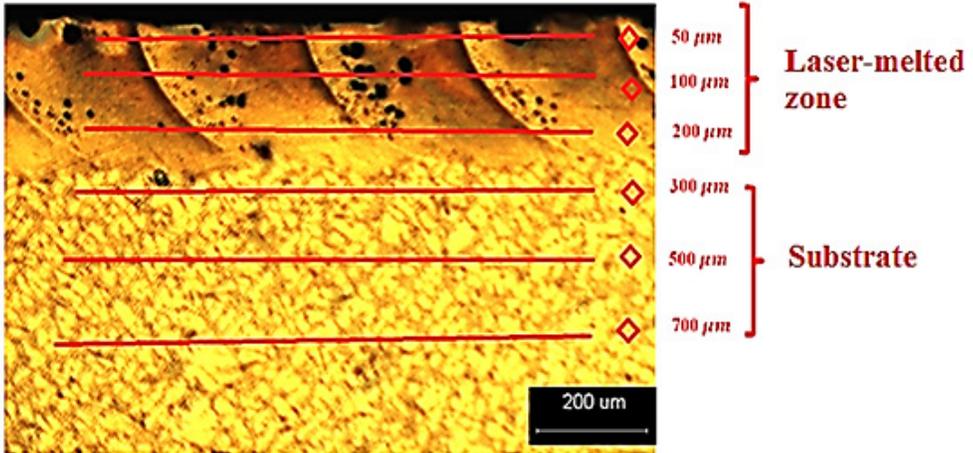


Figure 7 – OM image in the cross section of Al-Fe sample laser-treated, indicating the depths selected for microhardness measurements.

The material surface hardness was also analyzed by HV measurements on the weld fillets region and between them (see Figures 2, 3 and 4), for the as-received laser-treated sample. The average Vickers hardness was calculated for 15 micro-indentations made on the weld fillets and between the weld fillets, as indicated in Table 3.

Region	Average of VH	Standard Deviation of VH
On the weld fillets	52.68	6.18
Between the weld fillets fillets	59.14	5.53

Table 3. Analysis of Vickers hardness on the treated sample surface, indicating the hardness at the regions on the weld fillets and between the weld fillets (VH 0.1 15s).

As can be seen in Table 3, the HV values measured on the sample surface are consistent with those measured in the cross-section too, so showing a higher average hardness at the region between the weld fillets than on the weld fillet. Pariona et al. [3], who made a comparative analysis of the HV of Al-1.5 wt.% Fe alloy measured on the weld fillets and between the weld fillets, also reported that the hardness between the weld fillets was higher than on the weld fillets, therefore, the surface hardness in the laser-treated region in relation to the untreated region is high, due to the treated region morphology is more homogeneous, without presence of intermetallic phase ( $Al_3Fe$ ) and with the presence of  $Al_6Fe$  phase finely dispersed in the matrix that extends throughout the recast area, as can be checked in Figures 2, 3 and 4.

Present study focused on the microstructural characterization of hypereutectic Al-2.0 wt.% Fe alloy, while previous studies by Pariona et al. [2-4] involved hypoeutectic Al-1.5 wt.% Fe alloy. Although both alloys were castings and solidified by laser-treated process in the same conditions, however, microstructural analysis of the two alloys revealed characteristics different. The overlapping line of consecutive weld fillets at the cast zone of Al-1.5 wt.% Fe alloy was barely perceptible than Al-2.0 wt.% Fe alloy. In addition, also in the cast zone, presence of protuberances on the weld fillets was much more noticeable at Al-1.5 wt.% Fe alloy than at Al-2.0 wt.% Fe alloy. However, Al-1.5 wt.% Fe alloy showed a behavior lamellar at the cast zone and meanwhile Al-2.0 wt.% Fe alloy showed a behavior fine-columnar-like structure. Both alloys showed nanopores, which were concentrated mostly on the weld fillets. The microhardness of Al-2.0 wt.% Fe alloy LSR-treated surface was slightly more higher than Al-1.5 wt.% Fe alloy.

This alloy has an industrial applications potential in the automotive, aerospace, electronics, and other sectors. This type of study has shown interesting and innovative results.

## 4 | CONCLUSIONS

This research involved a study of hypoeutectic Al-2.0 wt.% Fe alloy subjected to a laser surface remelting (LSR) treatment. The main results are the following:

1. In the cast region shown a refined compact and homogeneous microstructure devoid of microcracks and with formation of a small protuberance,
2. The treated region showing evidence of transition from coarse-grained to fine-columnar-like structure,
3. Fine microstructure of the melt zone is attributed to high cooling rate due to LSR-treated,
4. The cast region of Al-2.0 wt.% Fe alloy showed a noticeable overlapping line of consecutive weld fillets,
5. The hardness of the cast region of Al-2.0 wt.% Fe alloy was about 61% higher than the untreated material,
6. A higher average hardness at the between the weld fillets region than on the weld fillet was shown,
7. This alloy is potentially applicable in the automotive, aerospace and electronics sectors, due to its high hardness and the morphology of laser-treated alloy presented a fine-columnar-like structure than the untreated material.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work was entirely financed by CNPq (Brazilian National Council for Scientific and Technological Development), Fundacao Araucaria (FA), CAPES (Federal Agency for the Support and Evaluation of Postgraduate Education), and FINEP (Research and Projects Financing Agency). We also thank to LABMU-UEPG.

## REFERENCES

1. S.J. Kalita, Microstructure and corrosion properties of diode laser melted friction stir weld of aluminum alloy 2024 T351, *Applied Surface Science* 257(9) (2011) 3985–3997.
2. M.M. Pariona, V. Teleginski, K. Santos, S. Machado S, A.J. Zara, N.K. Zurba, R. Riva. Yb-fiber laser beam effects on the surface modification of Al–Fe aerospace alloy obtaining fillet weld structures, low fine porosity and corrosion resistance, *Surface and Coatings Technology* 206 (2012 I) 2293–2301.
3. M.M. Pariona, V. Teleginski, K. dos Santos, E.L.R. dos Santos, A.A.O.C. de Lima, R. Riva, AFM study of the effects of laser surface remelting on the morphology of Al Fe aerospace alloys, *Materials Characterization* 74 (2012 II) 64-76.
4. M.M. Pariona, A.F. Taques, L.A. Woiciechowski, The Marangoni effect on microstructure properties and morphology of laser-treated Al-Fe alloy with single track by FEM: Varying the laser beam velocity, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 119 (2018) 10-19.
5. M.M. Pariona, V. Teleginski, K. dos Santos, A.A.O.C. de Lima AAOC, A.J. Zara, T.M. Micene, R. Riva, Influence of laser surface treated on the characterization and corrosion behavior of Al–Fe aerospace alloys, *Applied Surface Science* 276 (2013) 76– 85.
6. X. Zhang, J. She, S. Li, S. Duan, Y. Zhou, X. Yu, R. Zheng, B. Zhang, Simulation on deforming progress and stress evolution during laser shock forming with finite element method, *Journal of Materials Processing Technology* 220 (2015) 27–35.
7. B.S. Yilbas and N. Al-Aqeeli, Analytical investigation into laser pulse heating and thermal stresses, *Optics & Laser Technology* 41 (2009) 132–139.
8. R. Li, M.G.S. Ferreira, A. Almeida, R. Vilar, K.G. Watkins, M.A. McMahon, W.M. Steen, Localized corrosion of laser surface melted 2024-T351 aluminum alloy, *Surface and Coatings Technology*, 81: 290-296.
9. Damborenea J (1998) Surface modification of metals by high power lasers, *Surface and Coatings Technology* 100-101 (1996) 377-382.
10. M.A.Q. Pinto, N. Cheung, M.C.F. Ierardi MCF, A. Garcia, Microstructural and hardness investigation of an aluminum-cooper alloy processed by laser surface melting, *Materials Characterization* 50 (2003) 249-253.
11. T.M.Yue, L.J. Yan, C.P. Chan, C.F. Dong, H.C. Man, G.K.H. Pang GKH, Excimer laser surface treatment of aluminum alloy AA7075 to improve corrosion resistance, *Surface and Coatings Technology* 179 (2004) 158-164.

12. J.D. Majumdar, A. Pinkerton, Z. Liu, Z. I. Manna, L. Li, Microstructure characterization and process optimization of laser assisted rapid fabrication of 316L stainless steel, *Applied Surface Science* 247 (2005) 320-327.
13. F. Bertelli, E.S. Meza, P.R. Goulart, N. Cheung, R. Riva, A. Garcia, Laser remelting of Al-1.5wt.% Fe alloy surfaces: numerical and experimental analyses, *Optics and Lasers in Engineering* 49 (2011) 490-497.
14. L.F. Mondolfo, *Aluminum alloys: Structure and properties*. 9. ed. London, Butterworths, 1976.
15. M.M. Pariona and K.T. Micene, The alumina film nanomorphology formed to improve the corrosion resistance of Al-2.0 wt.%Fe alloy as result of the laser surface melting technique applied, *Advances in Chemical Engineering and Science* 7 (2017) 10-22.
16. M. Gremaud, M. Carrard, W. KURZ, The microstructure of rapidly solidified Al-Fe alloys subjected to laser surface treatment, *Acta Metallurgica et Materialia* 38 (1990) 2587-2599.
17. K.G. Watkins, Z. Liu, M. McMahon, R. Vilar, M.G.S. Ferreira, 1998 Influence of the overlapped area on the corrosion behaviour of laser treated aluminium alloys, *Materials Science and Engineering A* 252 (1998) 292-300.
18. J. Grum, R. Sturm, A new experimental technique for measuring strain and residual stresses during a laser remelting process, *Journal of Materials Processing Technology* 147 (2004) 351-358.
19. Y. Yao, X. Li, Y.Y. Wang, W. Zhao, G. Li, R.P. Liu, Microstructural evolution and mechanical properties of Ti-Zr beta titanium alloy after laser surface remelting, *Journal of Alloys and Compounds* 583 (2014) 43-47.

# CAPÍTULO 2

## UMA ANÁLISE DA COMERCIALIZAÇÃO E CONTROLE METROLÓGICO DE GNV NO BRASIL

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 08/12/2020

**Edisio Alves de Aguiar Junior**

INMETRO

Rio de Janeiro - RJ

<http://lattes.cnpq.br/7977581823883152>

**Rodrigo Ornelas de Almeida**

INMETRO

Rio de Janeiro - RJ

<http://lattes.cnpq.br/0489462998258130>

**RESUMO:** O GNV, ou gás natural veicular, é um combustível empregável como alternativa em veículos automotores. Sua comercialização é realizada no Brasil através de medições em volume, reguladas pela portaria Inmetro 32/1997. Este estudo apresenta uma breve análise sobre o mercado de GNV e a regulamentação vigente por parte do Inmetro, sinalizando para a importância de sua revisão.

**PALAVRAS-CHAVE:** GNV, metrologia, regulamento.

### AN ANALYSIS OF MARKETING AND METROLOGICAL CONTROL OF CNG IN BRAZIL

**ABSTRACT:** The CNG, or compressed natural gas, is a fuel employable as an alternative in motor vehicles. Its commercialization is carried out in Brazil by means of volume measurements, regulated by the ordinance Inmetro 32/1997.

This study presents a brief analysis on the CNG Market and the current Inmetro Laws, indicating the importance of a review.

**KEYWORDS:** CNG, metrology, regulation

## 1 | INTRODUÇÃO

O gás natural é um combustível de múltiplas aplicações, merecendo destaque seu uso como combustível, para transportes, e também em processos de calefação e aquecimento de água.

No Brasil, devido a um clima predominantemente tropical, e de temperaturas médias relativamente altas se comparadas a Europa, por exemplo, a maior aplicação deste combustível tem sido a movimentação da frota automotiva (SOUSA, 2009).

No caso brasileiro, convém ainda acrescentar que desde o primeiro choque do petróleo, a autosuficiência tem sido uma meta que sempre mobilizou a atenção das políticas macroeconômicas nacionais. Ressalta-se que os combustíveis considerados “gargalos” da economia eram a gasolina, inicialmente (porém o álcool deslocou este consumo) e o diesel, posteriormente (TAKAHASHI et al, 2006).

A sua comercialização, em postos de combustível, se dá através de instrumentos comumente denominados “dispensers”, cujo controle metrológico está estabelecido pelo Inmetro através da Portaria nº 32, de 24 de

março de 1997. Esta portaria define, entre outros requisitos, as condições mínimas a que devem satisfazer os medidores de gás automotivo.

## 2 | GNV

O gás natural é um combustível composto, na sua maioria, por metano (cerca de 70%), seguido de etano e parcelas menores de propano. É considerado um combustível limpo quando comparado a outras opções como a gasolina, especialmente no que diz respeito à emissão gases de efeito estufa. O quadro 1 1 apresenta alguns dados típicos de emissões da gasolina, etanol e GNV (VENÂNCIO, 2004).

	<b>GASOLINA</b>	<b>ETANOL</b>	<b>GNV</b>
<b>CO (g/km)</b>	0,37	0,67	0,56
<b>NOX (g/km)</b>	0,039	0,050	0,290
<b>RCHO (g/km)</b>	0,0014	0,0140	0,0038
<b>NMHC (g/km)</b>	0,042	0,088	0,026
<b>CH4 (g/km)</b>	0,014	0,032	0,220
<b>CO2 (kg/l)</b>	2,269	1,233	0,00199

Quadro 1. Etapas do processo de solicitação de acesso.

Fonte: (VENÂNCIO, 2004).

## 3 | REGULAMENTAÇÃO TÉCNICA METROLÓGICA

O controle legal dos sistemas de medição de GNV (dispensers) é necessário para assegurar transações comerciais justas entre o consumidor e os postos de combustíveis, bem como proteger o meio ambiente de possíveis vazamentos do dispenser de GNV. A resolução CONMETRO número 8, de 22 de dezembro de 2016, dispõe sobre as diretrizes para execução das atividades de Metrologia Legal no País (INMETRO, 1997).

São passíveis de controle metrológico legal os instrumentos de medição quando forem oferecidos à venda; quando empregados em atividades econômicas; quando forem utilizados na concretização ou na definição do objeto de atos em negócios jurídicos de natureza comercia civil, trabalhista, fiscal, parafiscal, administrativa e processual e quando forem empregados em quaisquer outras medições presentes à incolumidade das pessoas, à saúde, à segurança e ao meio ambiente (INMETRO, 1997;PINHEIRO FILHO, 2003).

Desta forma, esta questão está dentro da competência da metrologia legal. Neste cenário, os principais aspectos discutidos na portaria número 32, de 24 de março de 1997, são:

### 3.1 Unidade de Medida

São permitidas as unidades de massa (kg) e volume (m<sup>3</sup>). As indicações fornecidas referenciadas à temperatura de 20° C e à pressão de operação de 0,1 MPa.

### 3.2 Exigências técnicas

Nesta seção, são detalhadas as principais exigências técnicas referentes aos dispensers, ficando porém os aspectos de metrologia legal restritos a outras seções.

### 3.3 Inscrições Obrigatórias

De acordo com a portaria, cada dispenser deve possuir as seguintes inscrições em local de fácil visibilidade:

a) Numa placa de identificação afixada externamente em seu corpo:

- Nome e endereço do fabricante;
- Marca de fabricação;
- Designação do modelo do instrumento;
- Número de série e ano de fabricação;
- Vazão máxima e mínima admissíveis;
- Pressão máxima e mínima de funcionamento;
- Número da portaria de aprovação do modelo.

b) No seu mostrador:

- O tipo do combustível;
- O preço;
- O preço a pagar, na forma “TOTAL A PAGAR”;
- A quantidade entregue.

c) No corpo do dispositivo medidor ou numa placa fixada ao mesmo:

- Marca do fabricante;
- Número de série;
- Número da Portaria de Aprovação do Modelo;

d) Na mangueira:

- Marca do fabricante da mangueira.

### 3.4 Exigências Metrológicas

As exigências aqui se referem ao erro máximo admissível, fixado em 1% para mais ou para menos, a necessidade de selagem dos dispositivos que permitam ajustes capazes de interferir no resultado de medição e na conexão de equipamentos não autorizados.

Também nesta seção estão presentes requisitos referentes aos recursos que devem ser disponibilizados pelos responsáveis pelo instrumento ao Inmetro, para viabilizar os ensaios.

### 3.5 Aprovação de Modelo

Nesta seção, estão determinadas as condições e ensaios a serem observados para os procedimentos de avaliação de modelo. Nestes processos, devem ser considerados também as portarias e regulamentos vigentes, bem como a submissão da solicitação através do sistema orquestra.

### 3.6 Verificação Inicial

Nesta seção, estão determinadas as condições e ensaios a serem observados para os procedimentos de verificação inicial. Este é o processo de avaliação pelo qual o instrumento deve ser submetido imediatamente antes de sua venda.

### 3.7 Condições de Utilização

Nas condições de utilização do dispenser, destacam-se:

- Necessidade de desobstrução completa dos dispositivos de filtragem;
- Não possibilidade de interferência nas indicações durante uma entrega de GNV;
- Obrigatoriedade da iluminação e proteção das indicações em perfeitas condições;
- Os dispensers, quando da falta de energia elétrica, devem manter disponíveis, no mínimo por cinco minutos, a indicação da última entrega efetuada;
- O sistema de bloqueio não deve permitir novo funcionamento do produto sem que haja o retorno à zero dos elementos indicadores;
- O sistema de bloqueio deve interromper o fornecimento de gás durante um acionamento indevido;
- O sistema deve ser reiniciado automática ou manualmente com a reposição do bico e sua consequente retirada nos intervalos compreendidos entre entregas sucessivas;
- A mangueira deve estar em perfeitas condições sem desgastes ou deformações;

- A mangueira e o bico de abastecimento devem suportar a pressão máxima exercida pelo gás sem apresentar vazamentos;
- Quando o bico de abastecimento for colocado na sua posição de descanso, o medidor deve ser bloqueado para abastecimento.

### 3.8 Disposições Gerais

Nesta seção, os principais pontos referem-se a avaliação, por parte do Inmetro, de quaisquer possíveis dispositivos adicionais, visando determinar se estes podem interferir no resultado de medição.

## 4 | MEDIÇÃO DO GÁS NATURAL VEICULAR

O transdutor dos dispensers é um medidor de vazão, cuja escolha predominante no mercado tem sido pelo medidor tipo “coriolis” (AGA, 2011).

Com a medição realizada por este medidor, é possível apresentar os resultados de medição em 3 grandezas diferentes:

- Medições em massa – medição realizada diretamente pelo medidor;
- Medições em volume - convertida a partir da massa específica do gás, que pode ser medida pelo próprio medidor ou informada manualmente, sendo a segunda opção a mais comum;
- Medição em energia – Medição realizada a partir do poder calorífico do gás, que pode ser calculado a partir da composição ou informado manualmente.

Deve-se considerar que o Gás Natural não é um combustível de composição fixa, e sua qualidade, enquanto comercializado no Brasil, está estabelecida pela Resolução ANP nº 16/2008, da qual se destacam como principais itens de controle o poder calorífico superior (PCS), o índice de Wobbe, o número de metano e os pontos de orvalho de água (POA) e de hidrocarbonetos (POH).

Assim, pode-se afirmar que as características físico-químicas do gás variam com sua composição. E estas, conforme ilustrado anteriormente, são parâmetros necessários aos cálculos para indicação indireta, ou seja, medição volumétrica e medição em energia. Desta forma, os menores erros de medição e a menor incerteza estão na medição mássica direta, realizada pelo medidor coriolis.

## 5 | IMPACTO DE ERROS DE MEDIÇÃO

O custo do combustível é calculado com base na medição mássica feita por medidores do tipo Coriolis instalados em cada dispenser (PINHEIRO FILHO, 2003; VENÂNCIO, 2004).

As recomendações da OIML (<http://www.oiml.org>) estipulam um erro de 1,5% na quantidade entregue, que está na faixa de 10 a 100 kg. Mesmo pequenos erros na medição de GNV resultarão em grandes perdas de receita. Por exemplo, considere uma frota típica composta por 30 veículos em que os veículos individuais viajam 80 km por dia. Com uma eficiência de combustível média de 20 km por quilograma de gás, a frota consumirá um total de 43.800 kg por ano. A um preço médio de R\$ 20,00 por kg, o custo do combustível por um ano é de R\$ 876.000,00. Um erro de cerca de 1,5% poderia produzir uma perda de receita ou ganho de R\$ 13.140,00 por ano para a frota. Aumentando o valor do erro para 5%, pode resultar em uma perda anual de R\$ 43.800,00. Seguindo a mesma lógica, 15% de erro poderia acarretar em prejuízo de R\$ 131.400,00.

## 6 | ANÁLISE DO CONTROLE VIGENTE

A atual portaria e o respectivo regulamento anexo foram desenvolvidos há cerca de 20 anos atrás. Uma pesquisa realizada no site do Inmetro (<http://www.inmetro.gov.br>) mostra que não houve aprovação de modelo de nenhum medidor deste tipo até a data desta pesquisa, bem como a implementação total do regulamento foi adiada para 2020. Assim, pode-se afirmar que a realização total deste regulamento ainda não chegou a ocorrer.

Diante do atual cenário de evolução das tecnologias, bem como da necessidade de implementação de um controle mais robusto, é possível inferir a necessidade de revisão deste regulamento.

Como referências e motivadores, pode-se destacar a revisão da recomendação OIML R-140 (<http://www.oiml.org>), que trata desta medição (atualmente numa versão revisada em 2014) e a necessidade de inclusão de requisitos de software e compatibilidade eletromagnética, demandas não previstas em 1997.

## 7 | CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Conforme apresentado, o gás natural é um combustível de grande importância na matriz energética nacional, e com potencial para expansão, em especial para movimentação da frota, embora sua utilização para geração de eletricidade também seja uma aplicação importante.

Apesar disso, o controle metrológico legal não está totalmente implementado, e a breve análise realizada permite inferir a necessidade de uma atualização com relação a seus requisitos metrológicos e de desempenho

## REFERÊNCIAS

AGA, **AGA Report No.11 - Measurement of Natural Gas by Coriolis Meter**, American Gas Association, 1515 Wilson Boulevard, Arlington, VA 22209. 2003.

INMETRO, **Portaria n. 32, de 24 de março de 1997**. Disponível em: <[www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br)>. Acesso em 18/06/2017.

PINHEIRO FILHO, J. A. **Medição de vazão de gás natural**. PETROBRÁS, abril 2003.

SOUSA, M. L. **O gás natural como alternativa energética para os segmentos industrial e veicular em Campina Grande** – PB. Tese. 2009, 183 p. Universidade Federal de Campina Grande. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais. Campina Grande-PB.

TAKAHASHI, S. ROSSI, L. F. S. **Análise das vantagens e desvantagens da veículo movido a GNV na cidade de Curitiba**. In: XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Química. III Congresso Brasileiro de Termodinâmica Aplicada. 2006

VENÂNCIO, J. Identificação de anomalias em sistemas de medição utilizados em postos de abastecimento de GNV. Associação Brasileira do Gás Natural Veicular, 2004.

## ANÁLISE DE FALHA POR MEIOS DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE RAIOS-X DE UM SENSOR DE TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA AUTOMOTIVA

Data de aceite: 04/01/2021

**Miguel Angel Neri Flores**

Centro de Investigación en Materiales  
Avanzados, S.C.

Departamento de Metalurgia e Integridad  
Estructural

Chihuahua, Chihuahua, México C.P.31136

**RESUMEN:** La tomografía industrial computarizada con rayos-X se ha vuelto una técnica crítica en los ensayos no destructivos gracias al desarrollo en los avances en el detector, tubo, y tecnología computarizada de los equipos [1]. Estos avances han llevado a una serie de aplicaciones para la tomografía computarizada, a partir de su capacidad de escanear y reconstruir, prácticamente al mismo tamaño, componentes con resoluciones y velocidades suficientes en el entorno de producción, así como realizar la caracterización de los metales a nivel de micras. La información que se obtiene de la Tomografía digital usando rayos-X es una distribución espacial de la absorción de los rayos-X en el análisis de la estructura de las piezas. El objetivo de este artículo es el análisis de falla de un dispositivo electrónico en un sensor de transmisión automática automotriz, usando la tomografía computarizada de rayos-X, buscando una indicación de defectos internos en sus componentes electrónicos, ya sea en la soldadura y/o cuerpo de los componentes, así como en la tablilla electrónica para determinar el tipo de falla que presento el sensor.

**PALABRAS CLAVE:** Tomografía computarizada, rayos-X, tablillas electrónicas, componentes electrónicos, Radiografía de alta resolución.

“FAILURE ANALYSIS OF AN AUTOMOTIVE AUTOMATIC TRANSMISSION SENSOR, BY COMPUTED X RAY TOMOGRAPHY”

**ABSTRACT:** Industrial X-ray computed tomography has become a critical technique in nondestructive testing thanks to advances in detector, tube, and computer technology. These advances have led to a series of applications for computed tomography, from their ability to scan and reconstruct, practically the same size of components, with sufficient resolutions and speeds in the production environment, as well as perform the characterization of metals at the micron level. The information obtained from digital tomography using X-rays is a spatial distribution of the absorption of X-rays in the analysis of the structure. The purpose of this article is the failure analysis of an electronic device in an automotive automatic transmission sensor, using industrial X-ray digital tomography, looking for an indication in its electronic components in the solder, and / or on the body of the components, as well as in the Printed Circuit Board, to find an indication, to determine the type of sensor failure.

**KEYWORDS:** Computed Tomography, X-rays, Printed Circuit Board, electronic component, High definition Radiography.

## 1 | INTRODUCCIÓN

El desarrollo de sensores hoy en día se encuentra en nuestros vehículos para hacerlos más eficientes. Una parte esencial es la transmisión del par mecánico a nuestras llantas para poder desplazarnos en la dirección deseada y en la velocidad que pueda desarrollar el motor del vehículo, la transmisión juega un papel muy importante en este sistema complejo de los vehículos, por esto se le han colocado un número de sensores para tener monitoreada la transmisión del vehículo y observar su desempeño en todo momento para cuidar de esfuerzos máximos y poder llevar a un límite los materiales que forman el sistema de transmisión, para tener un mejor desempeño, mejorando la vida útil de los materiales que conforman la transmisión, y brindar un mejor manejo del vehículo en condiciones seguras. Los diferentes elementos de las transmisiones que se cuentan en la actualidad tienen los siguientes componentes:

**Embrague:** Su misión es acoplar o desacoplar el giro del motor de la caja de cambios de forma que no cause tirones, sino que el movimiento suceda de forma progresiva. Este elemento ubicado entre el volante motor (o de inercia) y la caja de velocidades, puede ser de distintas clases: hidráulico, electromagnético, de fricción, de disco y hasta de muelles.

**Caja de velocidades:** Es la responsable de la relación entre el cigüeñal y las ruedas, aumentando o disminuyendo las revoluciones a las que gira cada uno de ellos para sacar el mayor provecho posible al motor. Pueden ser automáticas o manuales.

**Árbol de transmisión:** Se trata de una pieza cilíndrica que va unida por un extremo a la caja de cambios y por el otro al piñón del grupo cónico-diferencial para transmitir el movimiento, en determinados tipos de vehículos, se prescinde de este elemento dentro del sistema de transmisión.

**Grupo cónico-diferencial:** Cuando el movimiento longitudinal (inducido por el embrague y la caja de cambios) llega al árbol de transmisión, éste lo une a grupo cónico-diferencial donde se convierte en movimiento transversal y es dirigido a los palieres. Pero su verdadera labor es mantener constante la suma de velocidades que llevan las ruedas motrices antes de tomar una curva, permitiendo que las ruedas exteriores den más vueltas que las interiores y evitando que patinen. Pese a la importancia que tiene el diferencial en el buen funcionamiento de los automóviles, en vehículos pequeños puede no resultar visible, ya que se aloja dentro de la caja de velocidades.

**Palieres:** Los palieres o semiárboles de transmisión reciben el movimiento, tal como indicamos, en ángulo recto para ejercerlo directamente sobre las ruedas motrices, incluso en modelos de automóviles que carezcan de árbol de transmisión.

Ahora que conocemos el recorrido que realiza el movimiento desde el cigüeñal hasta las ruedas motrices, indicaremos que no siempre circulan a las mismas revoluciones. Cuando el árbol de transmisión gira más despacio se produce una reducción o desmultiplicación, mientras que cuando es al contrario, lo denominamos multiplicación o sobre-marcha. Esta

relación vendrá determinada principalmente por el tipo de sistema de transmisión que llevemos instalado:

### Motor delantero y tracción:

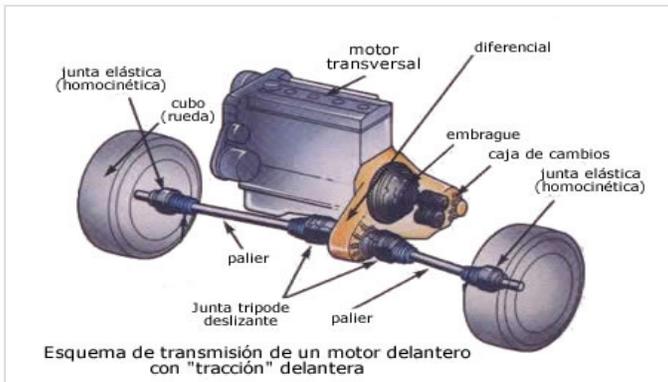


Figura 1. Esquema de transmisión de un motor delantero con tracción delantera

Propio de automóviles clase turismo de baja o media potencia, donde las ruedas delanteras son tanto motrices como directrices, y no encontramos árbol de transmisión.

### Motor delantero y propulsión trasera:

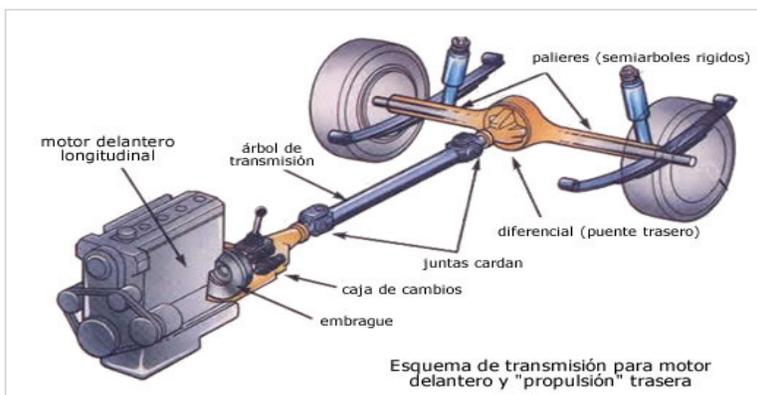


Figura 2. Esquema de transmisión para motor delantero y propulsión trasera

Lo encontramos en camiones o automóviles clase turismo que cuentan con motores de potencia elevada. Las ruedas motrices, en este caso, son las traseras y cuenta con un árbol de transmisión.

**Motor trasero y propulsión:** No es habitual encontrar este sistema montado en vehículos actuales ya que genera problemas de refrigeración en el motor. Las ruedas traseras también son las motrices, como en el supuesto anterior, pero carece de árbol de transmisión.

**Propulsión doble:** Es el sistema adecuado para vehículos de gran tonelaje donde las ruedas traseras soportan gran parte del peso, por lo que se colocan dos puentes traseros motrices dividiendo entre dos el esfuerzo que soporta habitualmente un solo grupo cónico.

### Transmisión total:

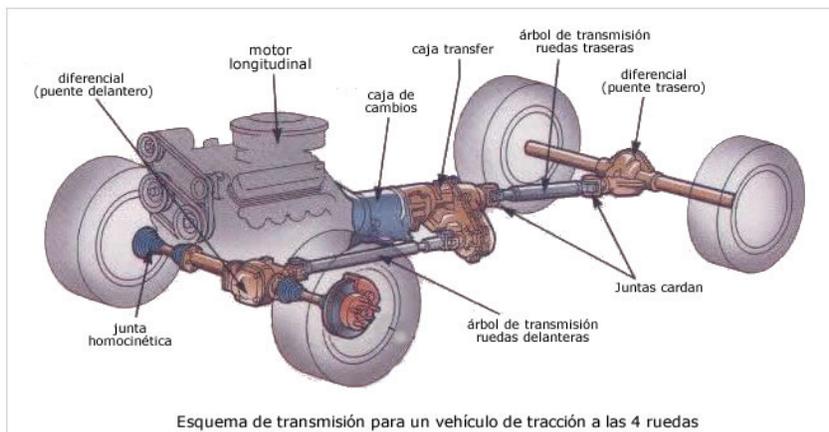


Figura 3. Esquema de transmisión para un vehículo de tracción a las 4 ruedas.

Encontramos esta opción generalmente en camiones similares a los antes mencionados, en automóvil todo terreno y en vehículos dedicados a la construcción. Consta de un puente en cada eje del vehículo, así que ambos son motrices; tanto el delantero como el trasero. Además, cada uno tiene su propio diferencial lo que nos permite elegir a qué puente enviamos el movimiento a demanda.

### Tomografía computarizada de rayos “X”

La tomografía computarizada volumétrica (VCT), forma un cono de rayos X policromáticos utilizados para inspeccionar un objeto (Figura 4a). La energía resultante a través del objeto es recibida por un detector de área. El objeto (o fuente de rayos X y sistema detector) se gira a través de un rango angular para obtener una proyección múltiple de imágenes. Se muestra una imagen de proyección simulada en el detector de rayos X, en la Figura 4a. Las imágenes de proyección son matemáticamente procesadas para obtener imágenes en sección transversal del objeto, que se puede ver individualmente y, cuando se apilan estas imágenes, se pueden utilizar para crear un volumen o representación del objeto en una figura en 3D, (Figura 4b).

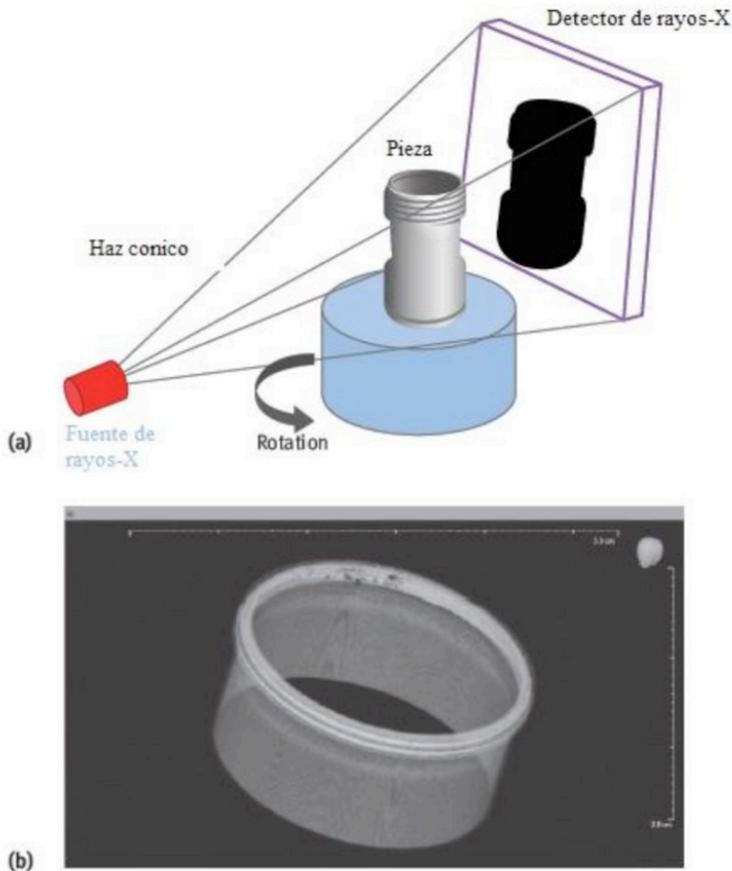


Figura 4. Esquema de tomografía computarizada de rayos X: (a) configuración que muestra la proyección imagen del tubo de ejemplo en el detector de rayos X; y (b) la obtención de volumen resultante de tomografía computarizada, teniendo una imagen en 3D del objeto escaneado, en este caso el tubo del ejemplo.

El sistema de rayos X industrial combina la tecnología de rayos X industrial para una rápida inspección visual de la pieza, y la tomografía computarizada (TC) para un análisis en profundidad de la pieza, mediante un proceso no destructivo (detección de defectos de material, defectos de ensamblado e interconectividad). Esta tecnología la utilizan principalmente empresas del sector automotriz, que fabrican piezas pequeñas y medianas, por inyección de plástico, y que han sufrido algún rechazo por rotura de la pieza. Son empresas que necesitan buscar porosidades pero no quieren o no pueden hacer ensayos destructivos. Muchas empresas del sector automotriz, aeronáutico, médico, etc., se encuentran con la problemática de no poder saber cómo están internamente sus piezas con estructuras complejas, siendo éstas necesarias para el buen funcionamiento de un

componente. Hasta ahora, la única fórmula disponible era realizar ensayos destructivos, generando costos mayores y tiempo de análisis [2-5].

La tomografía computarizada (CT) básicamente es un proceso no destructivo que posibilita la reconstrucción de un volumen 3D del componente. Mediante un avanzado software de análisis se puede detectar la presencia de poros o defectos interiores, así como la medición de características dimensionales internas inaccesibles.

El objetivo de este artículo es el análisis de falla de un dispositivo electrónico en un sensor de transmisión automática automotriz, usando la tomografía computarizada de rayos-X, buscando una indicación de defectos internos en sus componentes electrónicos,

## 2 | DESARROLLO

La pieza analizada fue una muestra del sensor de transmisión automática automotriz, el cual consta de una tablilla electrónica encapsulada en una coraza de plástico, teniendo soldados en la tablilla diferentes componentes electrónicos, entre ellos un sensor del tipo magnético, como se aprecia en la Figura 5. En esta figura en el sensor completo, y en la tablilla electrónica con los componentes electrónicos soldados por separado. En la Figura 6 se muestra una radiografía del sensor ensamblado, mostrando los componentes electrónicos soldados en ella.

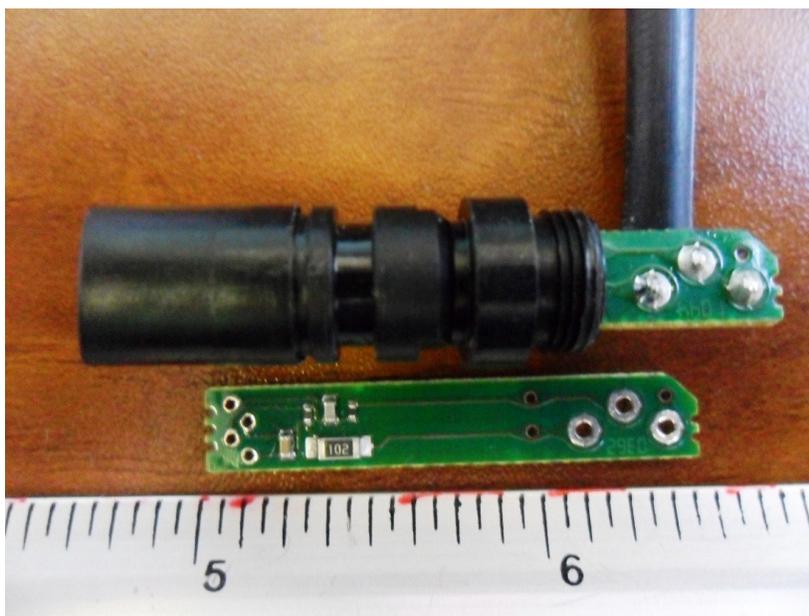


Figura 5. Sensor de transmisión automática completo, y vista de la tablilla electrónica con componentes soldados que encuentra encapsulada en el interior de la coraza de plástico sellado.

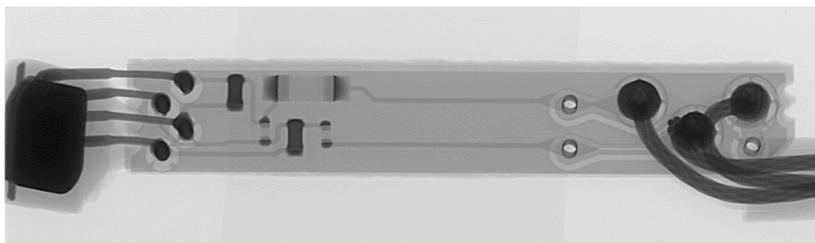


Figura 6. Radiografía digital del sensor de la transmisión, mostrando la Tablilla electrónica en el interior del cuerpo del sensor.

Se realizó un análisis con radiografía digital de alta resolución, observando los componentes electrónicos para observar detalles en las uniones soldadas, como pueden ser poros o fracturas internas, que pudieran afectar el funcionamiento del sensor completo. El equipo utilizado para obtener las imágenes de Radiografía de alta resolución, y de Tomografía, fue un Tomógrafo computarizado de rayos X marca NIKON, modelo XTH 225 con una potencia de 225 KV.

En la figura 5 no se alcanzan a observar defectos internos en las uniones soldadas, en la magnificación que se tomó la radiografía, solo se observa la posición de los componentes soldados en el interior del sensor, por lo que se obtuvieron imágenes de radiografía de alta resolución, a mayores aumentos, acercando la muestra más hacia el generador de los rayos X, obteniendo una imagen más amplificada del sensor de transmisión automotriz. En la Figura 6 podemos observar un acercamiento de los componentes soldados a la tablilla para poder apreciar defectos internos en las uniones soldadas, como es el poro localizado en la unión soldada marcada con la flecha roja (imagen en 2D).

En las Figuras 7 y 8 se muestra un acercamiento de las uniones soldadas del sensor magnético, el cual presentó un comportamiento anormal dentro del sensor, apreciándose una grieta o fisura en una de las terminales del sensor magnético, en la región del doblé de la terminal, la cual se indica con una flecha roja (imágenes en 2D).

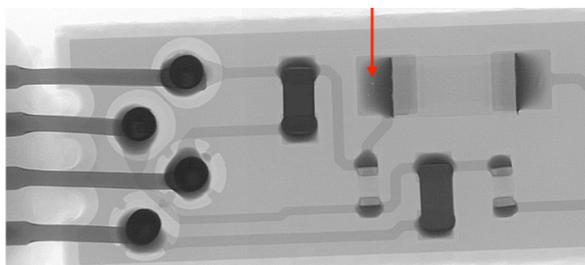


Figura 6. Radiografía digital de los componentes electrónicos de la tablilla del sensor, vista a mayores aumentos, la flecha roja indica un poro en el interior de la soldadura aplicada.

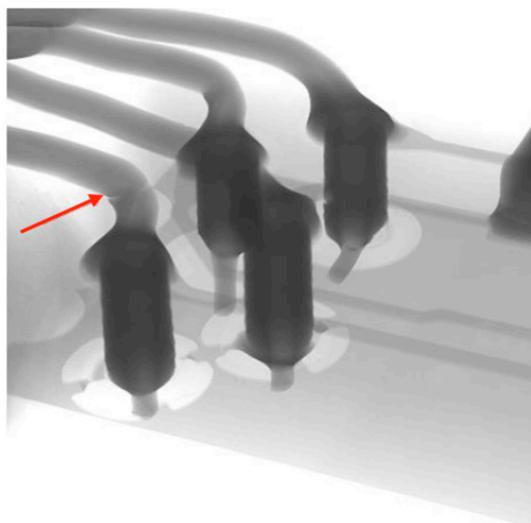


Figura 7. Componentes electrónicos soldados a la tablilla electrónica a mayor magnificación y con una inclinación para resaltar detalles de la fractura localizada en una de las terminales del sensor magnético soldado a la tablilla electrónica.

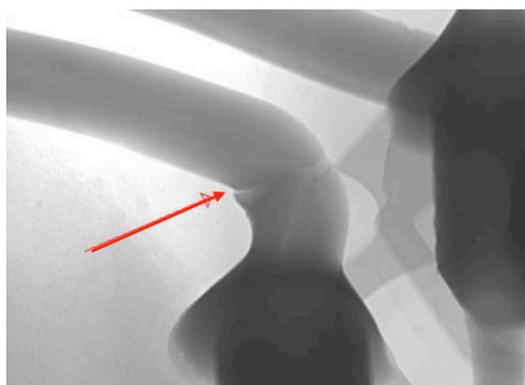


Figura 8. Acercamiento de la terminal del sensor magnético soldado a la tablilla electrónica, se observa una fractura en el doblado de la terminal.

Al realizar un acercamiento de la zona se observa una fractura en el codo de la terminal del sensor magnético. La falta de material y diámetro en la fractura permite el paso de los rayos-X resaltando los bordes de la fractura, para darnos una clara indicación del defecto del material en esta zona en particular. Se continuó con la inspección de los diferentes componentes de la tablilla para descartar otro defecto en las soldaduras, pistas o componentes soldados, que puedan ser identificados mediante la técnica no destructiva de radiografía digital de alta resolución. Figuras 9 a 12.

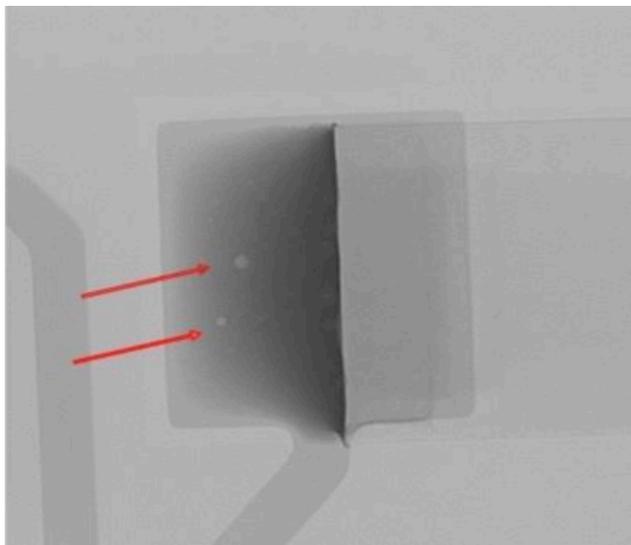


Figura 9. Poros en la soldadura de un componente electrónico, indicados por las flechas rojas.

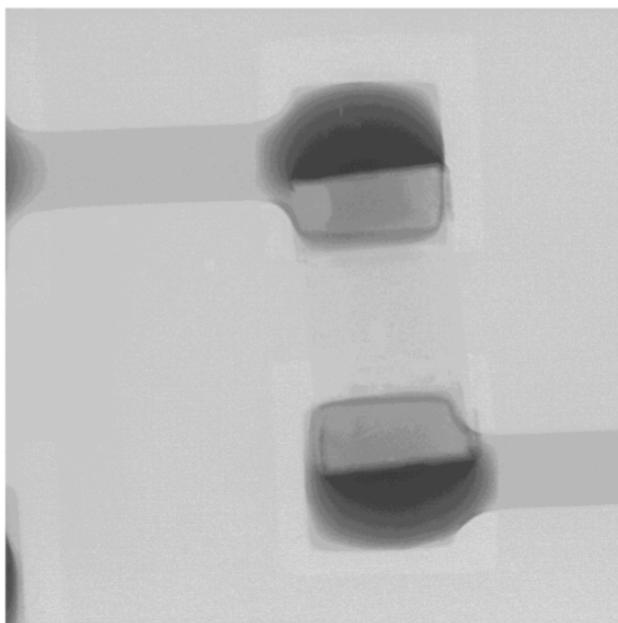


Figura 10. Se observa una soldadura sin defectos en el componente electrónico.

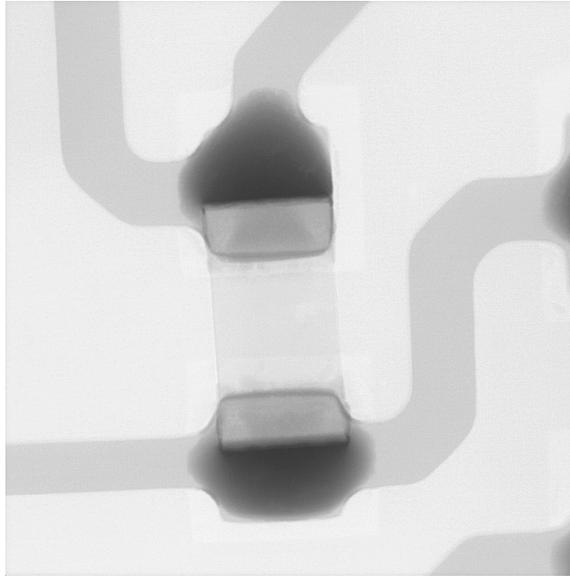


Figura 11. La soldadura no presenta ningún defecto en las uniones soldadas.

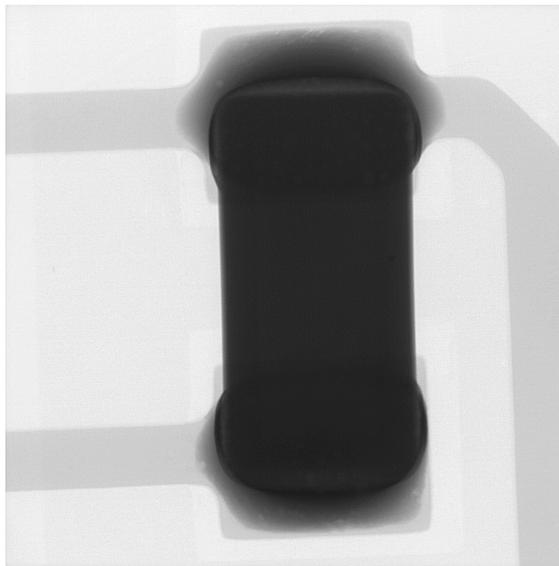


Figura 12. Capacitor soldado sin defectos en las soldaduras.

## 2.1 Tomografía computarizada de rayos “X”

Utilizando la tomografía computarizada industrial de rayos-X en la tablilla y sus componentes soldados a ella, se busca resaltar e identificar los defectos que se mostraron en la radiografía digital de alta resolución.

En la Figura 13 se muestra una imagen en 3D del interior del sensor de transmisión automática, encapsulado y sellado en plástico, resaltando en color claro los componentes metálicos del sensor, como son las terminales del componente magnético (vista superior). En los círculos rojos se observan las grietas presentes en las terminales, en la zona del doblé de las mismas.

En la Figura 14 se muestra el interior del sensor de transmisión automática, encapsulado y sellado en plástico, resaltando en color claro los componentes metálicos del sensor, visto desde otro ángulo (vista inferior). Los círculos rojos indican las grietas presentes en las terminales, en la zona del doblé de las mismas.

En la Figura 15 se muestra el interior del sensor de transmisión automática, encapsulado y sellado en plástico, resaltando en color claro los componentes metálicos del sensor, visto desde otro ángulo (vista lateral). Los círculos rojos indican las grietas presentes en las terminales, en la zona del doblé de las mismas. Las Figuras 13, 14, y 15, se obtuvieron de la tomografía de la pieza completa, rotándola con la ayuda del software de reconstrucción de imágenes en 3D VG Studio Max.

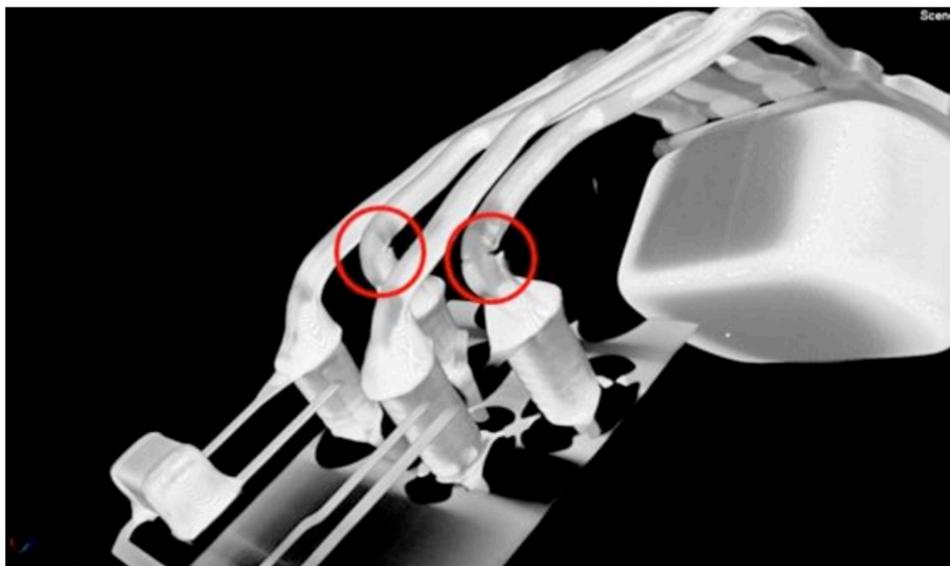


Figura 13. Imagen en “3D” del sensor magnético soldado en las cuatro terminales, que muestran fracturas indicados en los círculos rojos de 2 de sus terminales. Las partes brillantes son las partes metálicas del sensor magnético de transmisión automática automotriz.

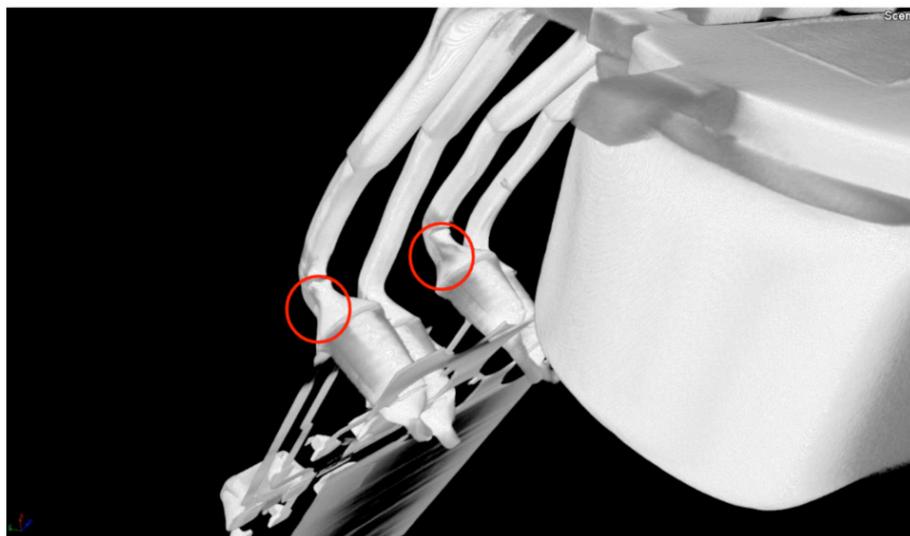


Figura 14. Se observan las fracturas en los círculos rojos en las terminales del sensor magnético.



Figura 15. Se observa la fractura de la terminal del sensor magnético, señalada con el círculo rojo.

### 3 | CONCLUSIONE

- Se determinó que dos de las terminales del sensor magnético presentaron fracturas en la zona del doblés de las terminales.
- Estas fracturas causaron el mal funcionamiento del sensor completo.

- La técnica de Tomografía Computarizada de rayos X, es una herramienta muy poderosa para el análisis de falla en componentes electrónicos y en las tablillas de circuitos impresos, realizando la inspección de manera no destructiva, y en tiempos muchos más cortos, comparados con los tiempos utilizados en los cross-sections o cortes transversales en los componentes electrónicos.

## REFERÊNCIAS

1. Don J. Roth, (2016), "Industrial X-ray Volumetric Computed Tomography", Materials Evaluation, Volume 74, Issue 7, 1 July 2016.
2. G. Ziółkowski \*, E. Chlebus, P. Szymczyk, J. Kurzac, "Application of X-ray CT method for discontinuity and porosity detection in 316L stainless steel parts produced with SLM technology", Wroclaw University of Technology, Centre for Advanced Manufacturing Technologies/Fraunhofer Project Center (CAMT/ FPC), Lukasiewicza 5, 50-371 Wroclaw, Poland, Ed. Elsevier.
3. <https://www.ro-des.com/mecanica/que-es-el-sistema-de-transmision/>
4. <http://www.sariki.es/sistema-de-inspeccion-por-rayos-x-industrial-y-tomografia-omputerizada/>
5. Deepak Goyal, "X-Ray Tomography for Electronic Packages", Proceeding from the 26th International Symposium for Testing and Failure Analysis, 12-16 November, 2000, Bellevue, Washington.
6. Moore, T.M., and Hartfield, C.D., "Package Analysis: Sam and X-Ray", in Failure Analysis of Integrated Circuits: Tools and Techniques, p. 43-54, L C. Wagner (ed.), (Kluwer Academic Publishers, MA) Chapter 3, 1999.

# CAPÍTULO 4

## ASTROFÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

*Data de aceite: 04/01/2021*

**Karina Edilaini da Silva Barros**

Pós Graduação – Ensino de Física - Distância  
pela Faculdade Venda Nova do Imigrante -  
Faveni.

**RESUMO:** O presente artigo busca apresentar a introdução da Astrofísica na educação brasileira especificamente no Ensino Fundamental e Médio. Já faz um tempo que vem sendo questionada uma reforma na educação no Brasil, no entanto é sabido a necessidade de um novo currículo com reais objetivos educacionais. Visto que a ciência tenha de ser pragmática há um tempo, ela é ainda avaliada como uma disciplina ultrapassada, quando na verdade é de suma importância para o futuro de um país. A pesquisa qualitativa consistiu no levantamento de bibliografias e leituras analíticas, nas quais venham mostrar a importância da Astrofísica no ensino. Foi embasado para análise desse artigo em vários métodos como exemplos: sites, artigos, monografias, bibliografias que já levantaram esse tema, como livros e outros trabalhos realizados. O material foi escolhido, com o objetivo de selecionar autores com credibilidade no assunto, para analisar e estudar cada detalhe que acredita-se ter maior embasamento teórico e mais uso para a pesquisa. O artigo aborda ainda algumas deficiências e procura meios para obstruir obstáculos justamente com a ciência da astrofísica como instrumento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Astrofísica, Ensino Fundamental, Ensino Médio.

### 1 | INTRODUÇÃO

Hoje encaramos um mundo de intensa disputa e de constantes mudanças, todos os dias se descobrem mais coisas e as velhas se tornam em alguns casos, sobressalentes ou simplesmente incompletas, tudo que se desenvolve pela mão do homem tem um meio e um processo, exigindo um preparo, uma predisposição conceitual e prática. As pessoas tendem e devem estudar mais, se especializar e transformar-se em um grande profissional, pois, no mercado de trabalho o que ganha é aquele que possui mais formação e desenvolvimento intelectual.

Nesse prisma que se põem para cada pessoa, o fator mais decisivo é como você formou sua identidade profissional e, essa vai surgindo desde os nossos primeiros anos como alunos, a escola é incumbida de transformar uma criança e desenvolver as suas capacidades mentais, tais, que lhe ofertarão chances de superação dos futuros desafios da vida. Assim, ter uma educação de qualidade é requisito básico para o indivíduo e a sociedade. Dessa forma, um dos ou o principal responsável por este processo é o professor, pois ele é o guia acadêmico do aluno, quem fomentará a sede de conhecimento.

Porém, aí surge o problema vigente do nosso país e de muitos lugares do mundo, a educação não é valorizada como deveria, não se transmite investimentos necessários ao seu desenvolvimento e, as consequências são sentidas dentro das salas de aulas, através da ausência de estrutura e formação comprometida de professores. Em nosso país em específico, existe uma grande divergência, quando fazemos paralelos entre a escola pública e privada, nota-se em alguns casos que professores de escola pública adotam meios inadequados, este que são sentidos pesadamente durante o caminho acadêmico, causando déficit de aprendizado e criando um grande vazio entre pobres e ricos.

É de conhecimento de todos que houve uma grande mudança nas áreas sociais, políticas, econômica e principalmente na área tecnológica, a sociedade já esperava tal crescimento, só não esperava que impactaria na vida das pessoas ao ponto de viverem nas dependências de tais tecnologias. As rotinas das pessoas mudaram completamente, a forma como se comunicam, trabalham e se divertem, tudo impactado diretamente pelos aparelhos tecnológicos, a rapidez com que as coisas acontecem, as máquinas mais eficientes, sem limites de funcionalidades, aparelhos minúsculos como drones, microcomputadores com processadores mais rápidos, matérias que possibilitam produção de equipamentos mais modernos e com uma eficiência gigantesca, sem conta com os vários meios que estão criando para geração de energia limpa que não agridem o meio ambiente etc.

O ensino precisa conduzir essas transformações sendo que o foco principal da educação é construir caráter, desenvolver certas habilidades para resolver problemáticas do dia-a-dia de acordo com o (MEC 1999) “a capacidade de questionar processos naturais e tecnológicos, identificando regularidades, apresentando interpretações e prevendo evoluções” o presente artigo será focado justamente nessas capacidades de questionamentos.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999) mencionam algumas particularidades para o ensino médio com a finalidade de melhoramento dos conteúdos, recomendando a inclusão de determinados assuntos. Há uma certa preocupação com algumas disciplinas como por exemplo a Física, uma vez que seus temas estejam voltados para a formação de um aluno atualizado, que possa entender e sobreviver com a nova realidade. Para isso, os conteúdos de Física precisam saber lidar com fenômenos naturais e tecnológicos do nosso dia-a-dia (BRASIL, 2002).

Com base nessas hipóteses, apresenta a relevância deste artigo a necessidade de certas competências a serem obtidas por nossos jovens brasileiros no ensino fundamental e médio. A estímulo deste artigo originou-se do interesse de apresentar conhecimentos e a introdução da disciplina de Astrofísica na educação dos alunos brasileiro.

Deste modo, o tema central que este artigo busca responder as interpretações dos debates de professores nos anos iniciais do Ensino Básico podendo sugerir algumas medidas relativas às suas expectativas em relação ao ensino da astrofísica e à introdução dessa disciplina em sua formação. Relata-se alguns pontos primordiais deste estudo,

principalmente os derivados de interpretação semiestruturadas feitas com um padrão de docentes que operam em escolas públicas nos anos iniciais do Ensino.

## 2 | MATERIAL E MÉTODO

Este artigo foi elaborado em forma de revisão bibliográfica, que resulta em um tipo de pesquisa realizada a partir de materiais e estudos já realizados.

Os dados foram compilados utilizando-se as leituras: exploratória: caracterizada por uma leitura rápida do material bibliográfico, que teve por objetivo verificar em que medida a obra consultada interessa à pesquisa; seletiva: determinação do material que de fato interessou a pesquisa visando responder aos seus objetivos; analítica: leitura de natureza crítica e objetiva realizada nos textos selecionados com a finalidade de ordenar, resumir, identificar as ideias chaves, hierarquizar e sintetizar as ideias relacionadas ao conhecimento, de maneira que possibilitassem respostas ao problema da pesquisa e interpretativa: leitura mais complexa por se caracterizar como a última etapa do processo, teve como objetivo relaciona o que os autores consultados afirmam sobre o problema para o qual busca resposta.

## 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 O Ensino de Astrofísica no Brasil

É notório que, por se falar de uma das primeiras ciências, a astrofísica está hoje explícita e/ou implicitamente na vida das pessoas desde dos primórdios, no processo de evoluções das civilizações (QUEIROZ, 2008).

Em relação à astrofísica brasileira, está vem evoluindo com o passar dos anos, da mesma forma como as demais ciências, a mesma passa e vem passando por avanços e retrocessos (ARAÚJO, 2010). O autor destaca que, “a História da Ciência tem procurado desvendar e compreender as transformações pelas quais está atravessando” (p. 10).

É importante frisar que o ensino no Brasil é estabelecido pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), obtendo uma nova roupagem em relação a educação básica por meio da LBD/1996, sendo mencionada por Hosoume, Leite e Carlo (2010), no “Ensino de Astrofísica no Brasil – 1849 a 1852 – sendo observado pelo Colégio Pedro II”, com objetivo de analisar a existência ou não de uma matéria específica para a astrofísica e a sua posição no currículo. De maneira particular, os resultados apontaram que o ensino de astrofísica não ajudou para um ensino mais completo.

Em relação aos temas, foram diminuindo com o passar dos tempos (HOSOUME, LEITE E CARLO, 2010). Nessa abordagem, os autores Coelho e Bulegon (2013, p.121), destacam que os “PCN e demais documentos não podem ser ignorados no momento da seleção dos conteúdos a serem desenvolvidos em aula, pois estes são frutos de longos estudos de especialistas da área, além de serem documentos oficiais do MEC”.

Já faz um tempo que o ensino da astrofísica, vindo sendo estudado e debatido sobre sua eficiência e qualidade (GONZATTI, et al 2013), sendo defendido a necessidade dessas matérias serem passadas de forma correta com objetivo de melhorar no ensinamento para que possa ser mais efetivo por parte dos alunos, muitas das vezes sendo ignoradas e passada como indispensável ao ensinamento.

Langhi e Nardi (2012) mencionam que uma das barreiras enfrentados para se efetivar o ensino da astrofísica, é a falta de domínio de conteúdos básicos por parte dos educadores de Ciências do Ensino Fundamental e a pouca relevância que lhe é dada nos currículos escolares. No entanto, a astrofísica dificilmente é aplicada em sala de aula, por muitas vezes por motivos como, a falta de preparo dos educandos para lidar com os saberes direcionados a ela relacionados” (HENRIQUE; ANDRADE; L’ASTORINE, 2010, p.22).

Seguindo esse argumento e tendo feito a leitura de muitos trabalhos, foi observado quase a totalidade de aprovações em relação à importância do ensino de astrofísica. Alguns autores apontam que este tema é ainda pouco questionado em sala de aula, haja vista, por várias vezes a formação inadequada do professor que ensina Ciências NAVARRETE, 2000; MARTINÉZ-SEBASTIÀ, 2004;

Os professores não dispõem de uma formação necessária para ensinar astrofísica e tendo por proporcionar seu ensinamento com certas dificuldades e se auxiliando em várias vezes em conteúdos confusos, os matérias didáticos por exemplo LANGHI (2004) E LANGUI E NARDI (2007).

Gonzatti et al (2013), em seu trabalho intitulado “Ensino de Astrofísica: Cenários da Prática Docente no Ensino Fundamental”, o qual estabelece um comparativo em âmbito nacional a partir do cenário regional do ensino de astrofísica, tratam as dificuldades em relação a este ensino, principalmente a ausência de formação em astrofísica por parte dos professores, o que já foi falado anteriormente por outros autores. Alguns autores identificaram os principais temas escolhido da astrofísica na Educação Básica, para poder padronizar o ensino da astrofísica no Brasil. Dessa forma, identificando, as principais estratégias.

Por fim, averiguar as dificuldades dos professores em repassar os conceitos/ temas dessa disciplina e destacam ainda, às dificuldades, fica nítido a falta de capacidade técnica específica. Esse artigo apresenta que a incorporação de conteúdos de astrofísica infelizmente ainda está caminhando vagorosamente, bem como a formação dos professores, ainda é bem insuficiente (GONZATTI et al 2013). Krasilchik (1992) salienta que para que o sucesso na qualidade do Ensino de astrofísica seja atingido, são precisas alterações com urgência nos currículos escolares com objetivo de direcionar os docentes no processo de ensino.

Estendendo as relações pedagógicas dentro das salas de aula, no objetivo de ajudar e favorecer, aos estudantes, uma comunicação mais ativa no sistema de ensino-aprendizagem

não apenas no processo de procura dos conhecimentos, mas em toda composição do sistema educacional brasileiro. Ao constatarmos todas as barreiras já relacionadas frente ao ensino de astrofísica, nos perguntamos quais seriam as argumentações para que esse assunto seja apresentado e abordado em sala de aula.

Apesar da necessidade e da presença do assunto da astrofísica nas grades escolares, há uma grande carência de uma disciplina tão relevante para o ensino básico. Nas maiorias das vezes as propostas não são colocadas em práticas, prejudicando os alunos que terminam o ensino médio sem nenhum conhecimento sobre o tema de tanta relevância. De acordo com a grade currículo do (MEC) matéria de física na primeira série do ensino médio, é assunto direcionado para o quarto bimestre. Observando que os materiais de apoio não são apresentados como deveriam ser ensinados em sala de aula, faltando explicações contundentes da referida disciplina. A proposta do ensino da astrofísica na educação básica, é direcionada somente a temática do ensino fundamental, sendo que apresenta um assunto mais indicados para o Ensino Médio.

Mesmo sabendo da carência em pesquisas sobre o ensino da astrofísica, não somente no Brasil como em vários países, a estudos de alguns trabalhos que vejam de forma diferente o tema proposto. Autores como Bailey (2008) buscar entender os obstáculos que os estudantes vêm enfrentando referente sua formação escolar, o ensino da astrofísica se investe pouco em trabalhos de pesquisa em Educação, mostrando sua deficiência na apresentação do assunto em sala de aula. Estudos apontam que os alunos têm conhecimento prévio apreciável sobre certos temas; todavia, incoerente ou incompleto em comparação com outras disciplinas.

Agan (2004) realizou um estudo onde foram avaliados os rendimentos de alunos de sobre astrofísica. Alunos que já haviam feito algum tipo curso sobre astrofísica, alunos do ensino médio, que ainda não haviam feito nenhum outro curso na área e professores sem conhecimento formal nesse setor. As conclusões de tal estudo indicam que os alunos que estudaram astrofísica na escola adquiriram conhecimentos específicos mais aguçados sobre determinado tema ligado a disciplina.

Esse artigo procura menciona a ausência de conhecimentos astrofísicos. Grande parte dos alunos não possui conhecimentos básicos referente determinado assunto ligado a disciplina. Vários autores como Pasachoff (2002) aponta ser favorável a entrada desses temas, uma vez que são os tópicos da Astrofísica moderna e os objetivos dos estudos nos dias de hoje para a comunidade científica. Já outros assuntos são fundamentais e não poderiam ser analisados como obstáculo, mas sim como um incentivo para o melhoramento dessa ciência na Educação.

Horvath (2013) apresenta uma abordagem para o ensino da astrofísica no Ensino Médio de maneira simples e objetiva. Afirma que um dos obstáculos enfrentados pelo ensino referente esse conteúdo é a necessidade de equipamentos mais modernos, o que separa a disciplina das escolas. (HORVATH, 2013).

O estudo da astrofísica pode proporcionar aos alunos um excelente desenvolvimento cognitivo, além de ser muito eficiente para melhorar o conhecimento científico em um tempo mínimo (AGAN, 2004). Segundo alguns autores, alunos que estudaram astrofísica no estágio escolar apresentaram de forma mais ativa o entendimento sobre elementos específicos relacionados à Física, e tiveram mais facilidade no desenvolvimento de certas atividades.

Segundo Iachell (2011), afirma a importância em conhecer os ensinamentos prévios dos alunos a respeito da astrofísica para que os mestres possam organizar suas aulas se embasando em tais conhecimentos. Assim, é possível enriquecer os debates que objetivam o ensino dessa disciplina. É perceptível a carência no ensino da astrofísica no Brasil, comparando os conhecimentos dos alunos do Brasil com alunos de outros países.

## **3.2 Astrofísica No Ensino Fundamental**

No ensinamento da astrofísica apresentam-se vários problemas que precisam ser analisados objetivando a melhoria e qualidade do ensino nesta área, principalmente nas escolas de nível fundamental e médio (CAMINO, 1995; CANALLE, 1997; TREVISAN, 1997). Esse artigo procurou avaliar e identificar as possibilidades de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental em relação ao ensino da astrofísica, sobre a inclusão do assunto na formação de docentes.

A interpretação e os discursos amostram os comportamentos dos professores de Ciências dos anos iniciais do Ensino Fundamental sobre suas perspectivas para com o ensino da astrofísica, verificando suas barreiras e sugestões didáticas sobre determinado assunto.

De acordo com os discursos dos professores, juntamente com os resultados dos estudos vigentes sobre a Educação em Ciências, subvencionar o assunto destinado aos docentes do Ensino, objetivando ajudar para uma transformação de postura dos mesmos.

## **4 | VANTAGENS EM SE INSERIR A ASTROFÍSICA NA EDUCAÇÃO**

A grande vantagem da astrofísica, já que a desatualização dos conteúdos é uma das principais características no ensino brasileiro, é que maior parte da sua matemática é de fácil entendimento ajudando o uso correto das suas práticas, sem contar que diferente da física quântica seus conteúdos não precisam de um alto grau de abstração.

É uma ciência muito rica de interações visuais que exige a atenção dos estudantes, alguns recursos são usados como *Starry Night*, *Celestia*, *Google Earth* auxiliam no desenvolvimento de certas habilidades que mais tarde poderão ser bastante útil nos ensinamentos de, por exemplo, relatividade restrita. Fica nítido que iniciar pela astrofísica é estabelecer um impulso para o que vem pela frente, resumindo, começar pelo mais fácil e através disso ir inserindo conceitos mais complexos como a alta quantidade.

## 4.1 Metodologia Utilizada no Sistema Educacional Atualmente

É notável durante as aulas que a produtividade dos alunos se condiciona ao meio e a metodologia utilizada no processo educacional. Diante disso, faz-se necessário a criação de modelos de aulas que explorem o assunto de modo a penetrar na realidade da vida cotidiana, uma maneira que quebre a forma estática tradicional e, que muitas vezes equivocadamente repassa os conteúdos programáticos. Segundo estudos, a mente das pessoas tem a capacidade de absorver um volume ilimitado de informação, ela é o computador mais sofisticado já visto, no entanto, seu desempenho é condicionado aos métodos de treinamento, e nessa perspectiva, os meios para conseguir a excelência são a chave das portas de uma melhor educação escolar.

O professor deve provocar a curiosidade do aluno, deve instigar e criar um pensamento crítico, ajudando nas escolhas e indicando os caminhos, abrindo as portas de um novo mundo, onde a magia acontece com a informação, com os dados que moldam todos os aspectos das ciências. É necessário que haja um constante aperfeiçoamento dos docentes, eles devem reciclar suas aulas, para facilitar a vida do aluno, não que ele os defira pontos ou algo do tipo, mas que ele recrie um ambiente propício ao aprendizado, uma planta só germina e cresce em solo fértil, ela não alcança sua forma adulta sem as condições apropriadas e, isso vale para a vida acadêmica. O professor deve ser capaz de atender as necessidades dos alunos, sanar todas as dificuldades e não ser mais um fator de exclusão como acontece em larga escala nas escolas.

Nesse sentido todo o esforço é válido para puxar, aproximar, tomar e chamar o aluno para perto das ciências, desvendando todo o mundo por trás das fórmulas, dos cálculos e das estrelas em que este trabalho tende a apresentar. Deve-se através da educação, dissipar as sombras que pousam nos ombros dos alunos e clarear a mente destes, com a luz do saber, pois, informação é como uma ponte que resgata e dá asas às pessoas.

Segundo CANALLE, João Batista Garcia (1994), o professor que constrói um experimento para explicar um fenômeno natural aos seus alunos, se difere de um professor que nada fez, motivando o aluno a participar das suas explicações, onde ele consolida o próprio conhecimento. Este fato é constatado na prática, dentro das salas de aula, onde aquele que desempenha o seu trabalho com maior empenho, conquista o respeito e a admiração da turma, conseguindo fixar a atenção da classe e aumentar a rentabilidade das aulas.

De acordo com DAMINELLI, Augusto; STEINER, João (2010), o Brasil está experimentando o dinamismo crescente na área da astronomia, ocasionado pela criação dos programas de pós-graduação e do Laboratório Nacional de Astrofísica a partir do ano de 1990. A astrofísica é uma área em ascensão pelo mundo, a cada momento, novos dados são encontrados e novas áreas de pesquisas são ofertadas, criando uma demanda, porém em nosso país, apesar dos avanços, pouco se é falado dentro das salas de aulas,

geralmente uma iniciação não é dada e o tema muitas vezes é bem distante do que deveria ser.

O estímulo e a implantação de modelos educacionais que busquem a inserção da física com uma abordagem realmente científica, é mais que necessário para o desenvolvimento do conhecimento, as escolas deveriam explorar todo o seu potencial e direcionar o aluno que quisesse prosseguir, para a real direção do progresso. Se hoje nas escolas a astrofísica fosse mais bem divulgada e adotada, o Brasil estaria fazendo maiores avanços no desvendar deste imenso oceano chamado de universo, sendo, que a busca por respostas nessa área é de grande utilidade até histórica, pois desde muito tempo, que homem se aplica no conhecimento intergaláctico.

Sabe-se que a lei das estrelas ou astrofísica caminha ao lado dos aspectos humanos desde o início das civilizações, as primeiras astrofísicas faziam medidas de ângulos no céu, as mesmas técnicas de medida eram úteis na terra, por que serviam para calcular áreas de terrenos cultiváveis, para estabelecer calendários e serem aplicadas em construções.

Segundo CORRÊA, Iran Carlos Stalliviere; CHAFFE, Laureano Ibrahim (2010), os movimentos dos astros foram estudados pela mecânica celeste que por sua vez deu seus primeiros passos a partir do trabalho de referência do físico Isaac Newton no século XVIII, os movimentos dos planetas e satélites, estrelas e suas companheiras em sistemas binários, ainda ocupam os cientistas com modelos mais complexos e sofisticados. Em finais do século XIX e início do século XX, surgiram os modelos físicos para entender as radiações que vinham das estrelas e as explicações contemporâneas sobre o nascimento, a vida e a morte das estrelas, fato que marca o surgimento da astrofísica e a cosmologia, estes que se ocuparia em estudar o surgimento e a evolução do universo.

Hoje muito se trabalha para descobrir e comprovar a origem de tudo, muitas hipóteses estão sendo desenvolvidas conjuntas das suas possíveis provas, sabe-se que o universo continua em expansão, que constantemente estrelas surgem e desaparecem, os olhos dos homens não se estendem a muitos anos luz da terra, apesar da utilização de telescópios de última geração e de envio de sondas para vários lugares do universo. Entender os segredos do universo é conhecer a nossa própria origem, somos filhos das estrelas, fato que é comprovado pela forma da nossa existência e pela composição química do nosso corpo, elementos existentes pelo mundo e mesmo dentro de nós, são os componentes básicos de uma estrela como o nosso sol.

Os movimentos dos astros foram estudados pela mecânica celeste que por sua vez deu seus primeiros passos a partir do trabalho de referência do físico Isaac Newton no século XVIII, os movimentos dos planetas e satélites, estrelas e suas companheiras em sistemas binários, ainda ocupam os cientistas com modelos mais complexos e sofisticados. Em finais do século XIX e início do século XX, surgiram os modelos físicos para entender as radiações que vinham das estrelas e as explicações contemporâneas sobre o nascimento, a vida e a morte das estrelas, fato que marca o surgimento da astrofísica e a cosmologia,

estes que se ocuparia em estudar o surgimento e a evolução do universo. Até hoje as medidas angulares no céu são importantes e, essa área é conhecida como astrofísica de posição ou astronomia fundamental.

## 5 | PROBLEMAS ENFRENTADOS PARA SE EFETIVAR O ENSINO DE ASTROFÍSICA

Mesmo com aumento de outras ferramentas de ensino nas escolas para o ensino de ciências, lamentavelmente, ainda temos muitas barreiras para se efetivar vários assuntos em aulas, e um deles é sem dúvidas: a astrofísica. Muitos problemas encontrados para que o ensino de astrofísica seja abordado em sala de aula, a formação dos professores, e materiais didáticos de qualidade são os principais focos, da problemática.

Segundo Langhi (2009), atribuir a ausência da astrofísica em sala de aula a alguns motivos, como:

- Má preparação inicial dos professores;
- Formação continuada deficiente ou inexistente;
- Material de péssima qualidade e de difícil acesso; e,
- Livros conceituais com erros grosseiros;

Ao trabalhar a tema sobre astrofísica em sala de aula muitas vezes, passar insegurança por parte dos docentes de Ciências, que sem qualquer preparação arrisca-se a ministra sobre esse assunto, com conhecimentos apenas em sua formação inicial, muita das vezes visto somente no seu Ensino Fundamental e Médio, com erros conceituais, tanto por parte dos professores, quanto nos materiais utilizados por estudantes e professores (PEIXOTO et al 2012).

Em se tratando ao trabalho do professor, nas maiorias das vezes, muitos docentes trabalham os assuntos em relação astrofísica sem experiências, nunca participou de debates aplicação da astrofísica bem como, ao cotidiano.

De acordo com Leite e Hosoume (1999), infelizmente ainda há no mercado, livros com erros grosseiros em relação a conceitos e informações incompletas com interpretações distorcidas, mesmo os livros tendo passado por uma correção quando necessário e aprovados pelo PNLD. De acordo com Langhi e Nardi (2005), muitos docentes atribuem uma confiança muito grande nos livros, acreditando em seus conteúdos, mesmo que muitos exemplares de livros ainda apresentam erros.

Segundo Gonzatti et al (2013), os docentes em Ciências, a maioria, encontram-se inseguros para repassar certos temas relacionados a astrofísica, por não terem um suporte conceitual e metodológico sobre o referido tema, comprometendo a qualidade do trabalho desenvolvido pelos professores. Priorizando, em muitas vezes os docentes, mudando tal estratégia por outra que possua segurança, no objetivo de preencher a grade curricular,

reproduzem erros conceituais, por não saberem lidar com estes, ou ainda, não reconhecê-los (LANGHI; NARDI, 2009).

Deve-se levar em consideração que a deficiência do ensino-aprendizagem dos alunos não pode ser atribuída somente aos docentes, estudos salientam que a problemática está na formação inicial dos professores (LANGHI; NARDI, 2012). E estes professores também classificam as principais dificuldades enfrentadas para efetivar o ensino de astrofísica, que são mostrados em um estudo feita por Langhi e Nardi (2005), onde reúnem resumidamente no quadro 1 (a seguir), o discurso analítico desses docentes.

<b>Metodologia</b>	Concordam que conteúdo de qualidade de Astrofísica fazem parte de uma realidade distante dos alunos. Faltam conteúdos e ideias para um ensino avançado de Astrofísica. Deparam-se com as dificuldades referente ao tema. Alguns conceitos são complexos e de difícil compreensão. Temáticas de Astrofísica em livros e o tempo durante a programação escolar são diminuídos para se trabalhar.
<b>Infraestrutura</b>	Carência de ingresso a outros meios mais rápidas de consulta, como a internet, ou bibliográficas paradidáticas. Problemas em fazer visitas e incursões a laboratórios, ou definir contatos com instituições de Astrofísicos regionais. Falta de tempo para buscas adicionais sobre temas na área.
<b>Pessoal</b>	Desconfiança em relação ao tema. Dificuldades em realizar a separação entre e o conhecimento científico em Astrofísicos.
<b>Formação</b>	Ausência de cursos de melhoramento, aperfeiçoamento e capacitação na área. Primeiro contato com a Astrofísicos no início como professor. Deficiência em responder questionamentos de alunos geralmente publicado na mídia, devido a falhas durante a formação inicial.

Quadro 1 - Dificuldades segundo os professores

Fonte: Langhi e Nardi (2005, p. 88).

## 6 | CONCLUSÃO

Atualmente é comum detectar certas dificuldades enfrentadas por docente e alunos no momento da aula, principalmente em se tratando na temática astrofísica, seja por ausência de recursos, despreparo dos professores e problemas referentes ao material Didático. Entendendo, a importância de mais pesquisas voltadas para possíveis soluções dessas problemáticas.

O artigo apresentado demonstra a carência de conteúdos sobre astrofísica na formação de docentes. Em termos de conteúdo a serem estudados, como também a preocupação com a metodologia de ensino, comprova que não basta que os cursos de construção inicial ajudem a qualificação em termos de conteúdos, separado das ferramentas de ensino correspondentes; a maior dificuldade é a questão da alteração pedagogia,

ou seja, investir também, simultaneamente, no conhecimento pedagógico do conteúdo. É fato que inserir novos conteúdos no currículo do Ensino brasileiro não é fácil. Mesmo que a capacidade de recursos metodológicos para a introdução de continuações didáticas moderno seja grande, a formação do planejamento, a implantação e a ponderação das mesmas geram desconfiância à grande maioria dos professores.

Precisa-se avaliar os profissionais da área em relação as alternativas mais comuns presentes em professores e alunos sobre os assuntos relacionados à astrofísica; verificando os erros conceituais mais frequentes em livros didáticos, apresentando sugestões presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais sobre o tema. Isto nos leva a interrogar o ensino superior que maneira os professores que precisarão agir nos outros níveis de ensino e que, ressalvado raras ressalvas, tem desprezado o ensino da astrofísica. Mais que o ensino de conteúdos em si, a as questões relativas à preparação do conhecimento do conteúdo têm sido consideradas como uma das falhas dos cursos de licenciatura, de uma forma geral.

Assim, o artigo desenvolvido facultativo uma ação que ajuda no desenvolvimento do ensino, mudando através de atividades práticas desenvolvidas, colocando a aprendizagem como fundamento norteador. Generalizando para a astrofísica, a utilização do laboratório por meio, de exercícios experimentais e as pesquisas desenvolvidas, são de suma relevância para a aplicabilidade de um ensino inovador, que tem como meta primordial a compreensão e assimilação dos conteúdos, como também da integração e socialização de todos.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, G. B. *Astronomia Indígena*. In: **Anais da 61ª Reunião Anual da SBPC** - Manaus, AM, v. 61, p. 1-5, 2009.

AGAN, L. *Stellar ideas: exploring students' understanding of stars*. **Astronomy Education Review**, [S.l.], v. 3, p. 77-97, mar. 2004.

ARAÚJO, D. C. C. **Astrofísica no Brasil: das grandes descobertas à popularização**. 2010. 57 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Católica de Brasília, Brasília-DF, 2010.

BAILEY, J. M. *Development of a concept inventory to assess students' understanding and reasoning difficulties about the properties and formation of stars*. **Astronomy Education Review**, Cambridge, v. 6, n. 2, mar. 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, 1999.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da natureza**. Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, Brasília, 2002.

CANALLE, J. B. G.; TREVISAN, R. H.; LATTARI, C. J. B. **Análise do conteúdo de astrofísica de livros de geografia de 1º grau**. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, v.14, n3: p.254-263, 1997.

COELHO, F. B. O.; BULEGON, A. M. **Análise do tema, nos livros didáticos indicados pelo PNLD, dos anos iniciais do Ensino Fundamental.** In: VIDYA, v. 33, n. 1, p.117-128, jan. /jun., 2013. ISSN0104-270 X. Santa Maria, 2013.

CORRÊA, Iran Carlos Stalliviere. **ASTROFÍSICA– Museu de Topografia** LaureanoIbrahim.Chaffe. Disponível em [http://www.ciencias.seed.pr.gov.br/arquivos/File/Astronomia/Historia\\_da\\_Astronomia.pdf](http://www.ciencias.seed.pr.gov.br/arquivos/File/Astronomia/Historia_da_Astronomia.pdf) Acesso em: 29 de mar. 2020.

DAMINELI, A. Prefácio. In: LANGHI, R.; NARDI R. **Educação: repensando a formação de professores.** (Educação para a Ciência; 11). São Paulo: Escrituras Editora, 2012.

GONZATTI, S. E. M., et al. Ensino de astronomia: cenários da prática docente no ensino fundamental. **Revista Latino-Americana de Educação em - RELEA**, n.16, p.27-43, 2013.

HENRIQUE, A. B.; ANDRADE, V. P.; L'ASTORINA, B. Discussões sobre a natureza da ciência em um curso sobre a história da astrofísica. **Revista Latino Americana de Educação**, n.9, p.17-31, 2010.

HORVATH, J. E. **O ABCD da Astrofísica.** São Paulo: Livraria da Física, 2013.

Hosoume, IACHEL, G. O conhecimento prévio de alunos do Ensino Médio sobre as estrelas. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, Bauru, n. 12, p. 7-29, 2011.

KRASILCHIK, M. **Caminhos do Ensino de Ciências no Brasil.** Brasília, ano 11, nº 55, jul. /set. 1992.

LANGHI, R; NARDI, R. Ensino: **erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências.** Cad. Bras. Ens. Fis., v. 24, n. 1: p. 87-111, 2007.

LANGHI, R; NARDI, R. Dificuldades de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino de Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 2, p. 75-91, 2005.

LANGHI, R; NARDI, R. Educação no Brasil: alguns recortes. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF – Vitória, ES, 2009.**

LANGHI, R.; NARDI, R. **Educação: repensando a formação de professores.** São Paulo: Escrituras Editora, 2012.

LEITE, C., et al. **O ensino no Brasil colonial, os programas do Colégio Pedro II, o Parâmetros Curriculares Nacionais e a formação de professores.** Recife: Companhia de Editora de Pernambuco, 544-586, 2013.

MARTÍNEZ-SEBASTIÀ, B. La enseñanza/aprendizaje Del modelo: análisis de la situación actual y propuesta de mejora para la formación de los futuros profesores de primaria. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n.1, p.7-32, 2004.

NAVARRETE, A. S. Una experiencia de aprendizaje sobre los movimientos relativos del sistema “Sol/Tierra/Luna” em el contexto de la formación inicial de maestros. **Investigación en la Escuela**, n.35, p.5-20, 2000.

PINTO, S. P.; FONSECA, O. M.; VIANNA, D. M. Formação continuada de professores: estratégia para o ensino de astronomia nas séries iniciais. **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, v.24, n 1, p.71-86. 2007.

PASACHOFF, J. M. What Should College Students Learn? **Education Review, Cambridge**, v. 1, n. 1, p. 124-130, out. 2002.

PEIXOTO, D. E. et al. Astronomia na formação de professores: uma experiência didática em cursos de pedagogia. In: **II Simpósio Nacional de Educação em Astronomia – II SNEA**, 2012.

# CAPÍTULO 5

## AVALIAÇÃO DE METAIS EM LODO RESIDUAL DE UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGEM DE PAPEL RECICLADO NO INTERIOR DO PARANÁ

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 06/10/2020

### **Amália Gelinski Gomes**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –  
Campus Londrina Departamento Acadêmico de  
Química  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/8857144905033322>

### **Cristiana da Silva**

Universidade Federal da Grande Dourados  
Departamento de Química  
Dourados - MS  
<http://lattes.cnpq.br/2680068218560864>

### **Délia do Carmo Vieira**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –  
Campus Londrina Departamento Acadêmico de  
Engenharia de Materiais  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/8804475615271864>

### **Adriana Pereira Duarte**

Fundação Universidade Federal do Mato  
Grosso do Sul  
Departamento de Química  
Campo Grande - MS  
<http://lattes.cnpq.br/1602556930305658>

### **Janksyn Bertozzi**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –  
Campus Londrina Departamento Acadêmico de  
Química  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/8529424268926357>

### **Alessandra Stevanato**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –  
Campus Londrina Departamento Acadêmico de  
Química  
Londrina – PR  
<http://lattes.cnpq.br/9881117368267928>

**RESUMO:** O Brasil se destaca como um dos maiores produtores de papel e celulose do mundo. A matéria-prima utilizada advém de fibras celulósicas obtidas a partir de árvores como o pinus e o eucalipto. Após o processo de fabricação, o papel se insere no comércio e depois de seu consumo é descartado muitas vezes em aterros sanitários e lixões caso este papel não volte para o processo industrial. Uma alternativa para que esse material não esteja disposto em aterros sanitários/lixões é a reciclagem. É importante ressaltar que quase todos tipos de papeis podem ser reciclados (papeis ondulados, brancos, *kraft*, entre outros), e são chamados de aparas (cada papel tem um tipo de classificação). Há um setor industrial que utiliza o papel como matéria-prima reciclada e este seguimento industrial retira do meio ambiente toneladas de papeis que virariam resíduo (lixo) e os transformam em outros produtos, principalmente para serem utilizados na fabricação de embalagens. As indústrias de papel reciclado gastam menos energia, água e produtos químicos se comparada com as indústrias de papel e celulose, porém, ainda geram alguns resíduos, sendo um deles o lodo residual resultante da etapa do tratamento final da ETE (estação de tratamento de efluentes). Esse resíduo pode conter diversos tipos de

íons metálicos bioacumulativos, que em excesso pode contaminar solo, água resultando muitas vezes no desequilíbrio de diversos ecossistemas, intoxicar seres vivos, etc. Devido à importância de se conhecer a concentração desses metais, o presente trabalho buscou desenvolver uma metodologia aplicável para determinação de alguns íons metálicos que podem estar presentes no lodo residual da ETE de uma indústria de papel reciclado no interior do Paraná. Os resultados obtidos foram significativos, ficando dentro do esperado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Contaminação, Efluente, ETE, Metais pesados.

**ABSTRACT:** Brazil stands out as one of the largest pulp and paper producers in the world. The raw material used comes from cellulosic fibers obtained from trees such as pine and eucalyptus. After the manufacturing process, the paper is placed in commerce and after its consumption is often discarded in landfills, dumps, if this paper does not return to the industrial process. An alternative for this material not disposed in landfills / dumps is recycling. Importantly, almost all types of paper can be recycled (corrugated papers, white papers, kraft, among others), and are called shavings (each paper has a sort of classification). There is an industrial sector that uses paper as a recycled raw material and this industrial follow-up removes tons of papers that would become waste (garbage) from the environment and turn them into other products, mainly to be used in packaging manufacturing. The recycled paper industries use less energy, water and chemicals compared to the pulp and paper industries, but still generate some waste, one of them being the residual sludge resulting from the final treatment stage of the wastewater treatment plant). This residue may contain several types of bioaccumulative metal ions, which in excess can contaminate soil, water often resulting in the imbalance of various ecosystems, intoxicating living beings, etc. Due to the importance of knowing the concentration of these metals, the present work sought to develop an applicable methodology for the determination of some metal that may be present in the ETE residual sludge of a recycled paper industry in the interior of Paraná. The results obtained were significant, staying within the limits established by legislation.

**KEYWORDS:** Contamination, Effluent, Heavy metals, WWTP.

## 1 | INTRODUÇÃO

Um dos segmentos industriais oriundos de matéria-prima florestal é a indústria de papel e celulose. As espécies mais utilizadas são o Pinus (*Pinus sp.*) e o Eucalipto (*Eucalyptus sp.*) (Figura 1). Estas espécies são responsáveis pela celulose de fibra longa e curta, fator predominante para a fabricação de determinados papeis e produtos à base de celulose (CAMPOS, 2011).

A celulose de fibra longa é obtida a partir do pinus tem aplicação nos papeis que precisam de uma resistência maior, como o papel usado na fabricação de embalagens, papel jornal e também no papel cartão. A celulose de fibra curta é produzida de árvores principalmente de eucaliptos é geralmente mais adequada para fabricar papeis de impressão e escrita, papel de seda e é parte da composição do papelão de embalagem (LEVY, 2018).



a



b

Figura 1. Plantação de Pinus (a) e de Eucalypto (b).

Fonte: Celulose online, 2018.

Fonte: Okubo Filho, 2013.

Em escala mundial, dez países são considerados os maiores produtores de celulose, juntos detêm cerca de 82% da produção mundial. O Brasil ocupa o segundo lugar com 18,8 milhões de toneladas.

O setor de celulose e papel no Paraná ocupa posições de destaque em áreas plantadas de pinus, o estado responde por 6,4% e 20,8% da produção nacional, respectivamente.

## 1.1 Papel Reciclado

No Brasil, a reciclagem é tradicional no setor papeleiro, a cadeia produtiva que envolve a atividade de reciclagem, gera empregos e renda, movimentando a economia e possui uma vertente de sustentabilidade (CEMPRE, 2018).

Diferentemente da indústria de papel comum e celulose, a indústria de papel reciclado tem menor impacto na extração de fibras florestais naturais porque utiliza material reciclado, produtos químicos em menor escala e tem um consumo menor de água e energia (FARIAS, 2013).

Segundo o Portal Resíduo Sólido, em sua publicação de 10 de agosto de 2013, menciona que há uma estimativa de que na fabricação de aproximadamente 1 tonelada de papéis corrugados são necessárias, aproximadamente 2 toneladas de madeira, ou seja, a utilização de 15 árvores. Utilizando de 44 a 100 mil litros de água e de 5 a 7,6 mil KW de energia. Já no processo de reciclagem, o volume de água utilizado cai para 2 mil litros e o consumo de energia para 2,5 mil KW.

O papel apresenta a vantagem de poder ser reciclado diversas vezes reduzindo a quantidade de perdas. O processo de fabricação da primeira operação do processo de reciclagem começa na classificação do papel recuperado, que geralmente é realizada nas cooperativas de aparas das cidades. A separação das aparas por tipo e qualidade

de material evita que o papel que será usado seja enviado para reciclagem com certos contaminantes, dificultando sua reciclagem (ALEXANDRE, 2012).

Após a aquisição da matéria-prima pela fábrica, o papel segue para as seguintes etapas de transformação (Figura 2):

1. **Hidrapulper:** a matéria-prima é colocada numa esteira que a leva para o Hidrapulper, onde é feita a desagregação do papel, separando as fibras celulósicas que serão utilizadas no processo e retirando impurezas (pedras, areia, arames, etc.) (GALLON *et al*, 2008).
2. **Tanque de descarga e depuração:** o processo de separação das fibras e impurezas se inicia no hidrapulper seguindo para o tanque de descarga e depuração (GALLON *et al*, 2008).
3. **Engrossadores:** nesta etapa a consistência do papel está relativamente alta, sofre adição de água para baixar a consistência, seguindo para os tanques, onde é extraída por meio de bombas para os refinadores (GALLON *et al*, 2008).
4. **Refinadores:** a massa recebe aditivos químicos para a formação do papel, sendo os principais aditivos o policloreto de alumínio (PAC) e amido de mandioca. Ao sair dos refinadores, a massa continuará recebendo alguns produtos químicos, como detergentes que fazem a limpeza microbiológica do papel (GALLON *et al*, 2008).
5. **Caixa de entrada e mesa formadora:** após a limpeza e desinfecção, a massa segue para a caixa de entrada da máquina de papel e depois para a mesa formadora, chamada de mesa plana, nesta etapa o vácuo irá retirar a umidade excedente (GALLON *et al*, 2008).
6. **Prensa:** a gramatura será ajustada de acordo com o tipo de papel que se quer fabricar (GALLON *et al*, 2008).
7. **Rolos secadores:** o papel formado irá passar pelos rolos secadores até chegar na enroladeira, formando o rolo de papel. Deste rolo serão retiradas amostras para o controle de qualidade que depois seguem para a rebobinadeira para cortar e rebobinar o papel (GALLON *et al*, 2008).

A indústria de papel (seja papel virgem, reciclado, celulose, etc.), assim como outras indústrias, gera entre outros resíduos, o lodo, resíduo sólido proveniente de tratamentos primário e secundário. Nas indústrias de papel e celulose, cerca de 0,5 kg de lodo é gerado para cada tonelada de papel produzido. Enquanto que nas indústrias de reciclagem de papel, esta geração pode variar de 20 a 40%, dependendo do tipo de matéria-prima utilizada (PELISSER, 2017 apud GOTTUMUKKALA *et al.*, 2015).

O desconhecimento da composição química dos resíduos gerados na fabricação de papel reciclado dificulta ações visando sua reutilização, a maioria desses resíduos são dispostos em aterros industriais sanitários (PELISSER, 2017 apud PIVNENKO; ERIKSSON; ASTRUP, 2015).

Devido o papel estar presente em inúmeros setores da indústria podem ser expostos a diferentes contaminantes, como metais pesados. Esses metais ao longo do processo de reciclagem do papel podem ser lixiviados vindo a acumular no lodo.

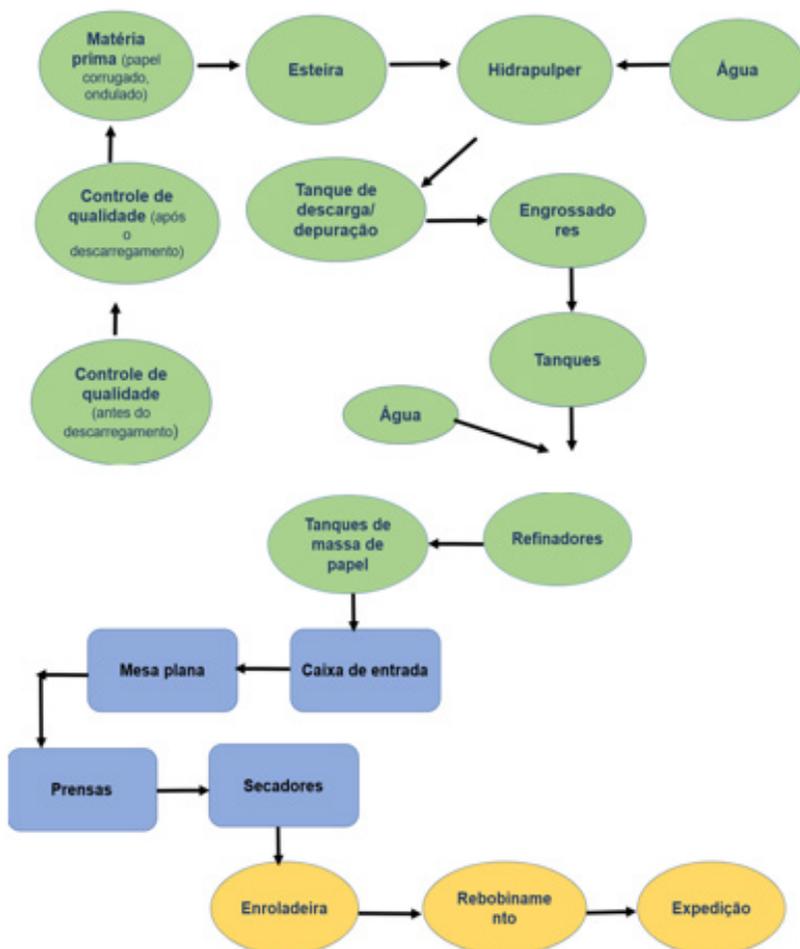


Figura 2. Fluxograma do processo de fabricação do papel.

Fonte: Adaptado de GALLON *et al*, 2008.

## 1.2 Efeitos dos íons metálicos no ser humano e no meio ambiente

O aumento das concentrações de Alumínio (Al) nas águas superficiais tem como consequências a perda de numerosas espécies de peixes, invertebrados e perda de plâncton, diminuindo a diversidade de espécies presentes nas massas de água em questão (ROSALINO, 2011).

O ser humano encontra-se exposto diariamente ao Al e a contaminação pode ocorrer via respiratória, digestiva e tópica causando doenças graves como o Alzheimer, doenças renais, distúrbios no sistema músculo esquelético e hematológico (LIMA *et al*, 2001).

O cádmio é um metal quimicamente semelhante ao zinco, ocorrendo naturalmente com esse metal e o chumbo nos minérios a base de sulfetos, logo, concentrações elevadas de cádmio podem ser encontradas no ar, água e solos próximos às fontes industriais de emissão, principalmente nas minerações de metais não-ferrosos e indústria de refino de metais (MARINHA, 2011).

A exposição excessiva e ao cádmio apresenta-se como um risco a saúde, uma vez que pode provocar disfunção tubular renal e doença obstrutiva crônica, distúrbios no metabolismo ósseo do cálcio podem ocasionar o aparecimento de osteoporose e osteomalácia, principalmente entre mulheres pós-menopausa, etc. (MARINHA, 2011).

O crômio é um metal acinzentado muito resistente à corrosão e pode ser encontrado nas formas bi, tri e hexavalente, respectivamente (as formas tri e hexavalente são mais estáveis e aparecem na composição de óxidos, sulfatos, cromatos, dicromatos e sais básicos) (CETESB, 2012).

Os compostos de crômio produzem efeitos cutâneos, caracterizados por irritação no dorso das mãos e dos dedos; nasais (apresentam um quadro irritativo inflamatório, supuração, etc.), bronco-pulmonares, renais, gastrointestinais e carcinogênicos (RUPPENTHAL, 2013). Ainda segundo Ruppenthal (2013), a principal via de absorção de compostos de crômio é pulmonar (no estado metálico, hexavalente e trivalente), onde as partículas desse metal são sugadas na forma de vapores, névoas, poeiras, etc.

O chumbo é um elemento tóxico, não essencial, que se acumula no organismo e afeta quase todos os órgãos e sistemas do organismo, inibindo ou “reproduzindo” a ação do cálcio, interagindo com diversas proteínas (MOREIRA e MOREIRA, 2004). A contaminação pode ocorrer através da inalação de fumaças e poeiras, ingestão e na forma orgânica do metal que pode ser absorvido na forma cutânea e os efeitos podem ser diversos, como a neurotoxicidade, distúrbios hematológicos, renais, hipertensão arterial, carcinogenicidade, possível aumento no número abortos, más formações, etc (CETESB, 2012).

O cobre é um metal de transição considerado um micronutriente e pode ser encontrado em quantidades variáveis na maioria dos alimentos assim como contaminante natural da água. Uma das principais vias de contaminação no ser humano é oral, através da alimentação e absorvido no estômago e no intestino delgado. A doença mais conhecida pelo excesso de cobre é a doença de Wilson também chamada de degeneração hepatocelular, trata-se de um defeito genético autossômico recessivo (cromossomo 13) do transporte de cobre (BARCELOS, 2008).

O zinco é um metal branco-azulado brilhante estável ao ar seco de fórmula molecular Zn, é considerado um dos elementos mais comuns encontrados na Terra, podendo

ser encontrado no ar, solo, água e alimentos como resultado de processos naturais e antropogênicos (AZEVEDO e CHAZIN, 2003).

De acordo com a Ficha de Informação Toxicológica criada pela CETESB (2012), o zinco é um elemento necessário para o organismo em pequenas quantidades, mas a exposição em altas doses pode ser prejudicial e pode ocorrer a exposição a esse metal pode ser por vias inalatória (poeiras ou fumos) e oral. Os sintomas pela via inalatória são: desconforto pulmonar, febre, calafrios e gastroenterite. E os sintomas causados por via oral (em altas doses) são: cólicas estomacais, náuseas e vômitos. No meio ambiente, a exposição em excesso desse metal pode causar desequilíbrio em diversos ecossistemas, pode acometer recursos hídricos, solo e ar.

### 1.3 Quantificação de metais

A identificação e quantificação de espécies metálicas em amostras podem ser feitas utilizando diversas técnicas de análise, destacando a espectrofotometria de absorção atômica de chama (AA) e a espectrofotometria no ultravioleta-visível (UV-VIS).

A espectrofotometria de absorção atômica (AAS) com chama é baseada na absorção de um comprimento de onda específico por átomos no estado vapor, atomizados pela energia gerada na chama do espectrofotômetro. Devido a sua simplicidade, robustez e seletividade esta técnica é muito utilizada (GERONDI, 2012).

Os procedimentos espectrofotométricos na região do ultravioleta-visível (UV-VIS) são utilizados para a determinação da concentração de substâncias em condições bem definidas, por meio da razão entre a radiação incidente e a radiação transmitida. A radiação absorvida pela amostra é comparada com a radiação absorvida por uma substância com concentração conhecida (PREVITAL 2014).

Na espectroscopia de absorção molecular na região ultravioleta/visível são medidas a transmitância (T) que é a fração de luz que atravessa a amostra (PENNER 1959).

Para quantificação de metais em amostras solidas como o lodo residual é necessário tratamento prévio, como procedimentos de digestão, onde o metal a ser analisado deve ser completamente solubilizado e substâncias interferentes eliminadas.

### 1.4 Digestão de amostras

A digestão de amostras deve apresentar simplicidade, rapidez, utilizar pequenos volumes de reagentes, permitir a dissolução de grande número de amostras a fim de produzir resultados exatos e repetitivos. Existem vários tipos de digestão de amostras, entre elas, as mais utilizadas são (KIRA, 2002):

**Digestão via seca:** esse método consiste em destruir a matéria orgânica por via seca por meio da calcinação utilizando um forno mufla. Esse tipo de tratamento é aplicável à maioria dos alimentos e metais, exceto metais voláteis como o mercúrio, arsênio e selênio (KIRA, 2002).

**Digestão via úmida:** nessa digestão, a matéria orgânica é destruída usando-se ácidos e/ou oxidantes, essa metodologia pode ser em sistema aberto, sob aquecimento condutivo à pressão atmosférica em chapa elétrica ou bloco digestor com solução ácida ou à elevada pressão e temperatura com frascos de pressão mais recentemente (KIRA, 2002).

**Forno micro-ondas:** é realizada em sistemas fechados (para evitar as perdas por volatilização) com frascos de PTFE e algumas vezes em frascos de quartzo à alta pressão (KIRA, 2002 apud HOENING, 1996).

## 1.5 Espectroscopia Vibracional na Região do Infravermelho

A espectroscopia é o estudo da interação de ondas com a matéria, é um conjunto de técnicas responsáveis por analisar as substâncias através dos espectros de emissão e absorção de radiações eletromagnéticas produzidas com base nas diferentes frequências do espectro eletromagnético (CALEGARI, 2018). É uma ferramenta versátil que pode ser aplicada às determinações quantitativas e qualitativas de espécies orgânicas, inorgânicas e bioquímicas (CORREA, 2012).

A região espectral do infravermelho abrange faixas de radiação com números de onda no intervalo aproximado de 780 a 100.000 nm e pode ser dividido em três faixas: radiação no infravermelho próximo (NIR); médio (MIR) e distante (FIR) (SKOOG *et al*, 2002).

## 1.6 Método Colorimétrico de Eriocromo de Cianina R

O método colorimétrico de Eriocromo de Cianina R fornece um meio para estimar o teor de alumínio de forma relativamente simples. No caso na determinação de alumínio em níveis de ultra-traços, a literatura mostra que a combinação da espectrometria de absorção na região do visível com procedimentos de pré-concentração apresenta limites de detecção compatíveis com aqueles apresentados por técnicas tradicionalmente utilizadas em análise de ultra-traços, como a espectrometria de absorção atômica com forno de grafite.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Coleta das amostras

As amostras de lodo residual foram coletadas nos leitos de secagem da indústria de papel reciclado no interior do Paraná. A coleta das amostras de lodo residual ocorreu em cinco pontos do leito de secagem: superfície (amostras A) e 8 cm abaixo dela (amostras B) (Figura 3).

As amostras foram armazenadas sob refrigeração, em frascos âmbar de polietileno.

## Leito de secagem

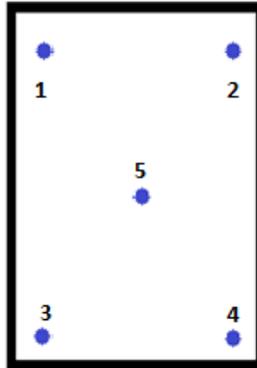


Figura 3. Representação dos leitos de secagem da indústria de papel reciclado e seus respectivos pontos de coleta do lodo residual.

Fonte: Autores.

## 2.2 Preparo das amostras

Inicialmente as amostras úmidas foram pesadas em béqueres e dispostas na estufa à 105 °C por 24 h, até obtenção de massa constante (MESQUITA, 2014). Após secagem as amostras foram trituradas usando um pistilo.

## 2.3 Digestão das amostras

### 2.3.1 Calcinação à 1200 °C

Após a coleta das amostras nos 5 pontos A e nos 5 pontos B (em triplicata), as amostras passaram por processo de calcinação, baseada em Melo (2008). Foram transferidos 1,000 g de cada amostra (em triplicata) em cadinhos de porcelana e em seguida foram acondicionados em forno tipo mufla à 1200 °C durante 4 h (com a porta da mufla parcialmente aberta para proporcionar a total oxidação da matéria orgânica). Após a calcinação, 0,05 g das cinzas obtidas para cada amostra foram transferidas para tubos de digestão por via úmida.

### 2.3.2 Digestão por via úmida

Foram pesadas 0,05 g das amostras calcinadas (em triplicatas referentes a cada ponto de coleta) e inseridas em tubos de digestão de 100 mL, seguida da adição de 10 mL de HNO<sub>3</sub> 65 % e 2,5 mL de HCl 37 % em bloco digestor à 160 °C. Durante a reação foram adicionadas alíquotas de 2,5 mL de HCl 37%, de forma a manter o volume constante, durante 4h (METHOD, 1996).

Após transcorrido o período de 4h, as amostras apresentaram material sedimentado (corpo de fundo), indicando uma possível digestão incompleta.

O produto da digestão foi filtrado e seu volume ajustado para 25 mL e o material sólido coletado foi seco em estufa a 105 °C por 24 h, para posterior caracterização por espectroscopia vibracional na região do infravermelho.

Após o preparo das amostras os teores de cobre (Cu), cádmio (Cd), zinco (Zn), chumbo (Pb) e crômio (Cr) foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica de chama e o alumínio (Al) foi quantificado por espectrofotometria no ultravioleta-visível (UV-VIS) utilizando o método colorimétrico de Eriocromo de Cianina R.

## 2.4 Espectrometria de Absorção Atômica com Chama (AA)

As determinações foram realizadas no equipamento Thermo, modelo iCE3300 para os metais Cu, Cd, Zn, Pb e Cr. As condições de análise estão descritas na Tabela 1.

Condições de análise	Cu	Cd	Zn	Pb	Cr
Gás (combustível/oxidante)	ar/C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O/C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>			
Vazão do gás (L min <sup>-1</sup> )	0,9	1,2	1,2	1,1	4,2
Largura da fenda (mm)	0,5	0,5	0,2	0,5	0,5
Comprimento de onda (nm)	324,8	228,8	213,9	217,0	357,9
Faixa de concentração (mg L <sup>-1</sup> )	0,25-7,0	0,1-4,0	0,25-3,0	0,25-14,0	0,25-7,5

Tabela 1. Condições de análise para determinação de Cu, Cd, Zn, Pb e Cr em espectrofotometria de absorção atômica de chama.

Fonte: Autores.

As soluções padrão dos metais foram diluídas em água desionizada a fim de construir as curvas de calibração para leitura das amostras no AA de acordo com as seguintes concentrações:

Cu (mg L<sup>-1</sup>): 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 3,5; 5,0; 7,0.

Cd (mg L<sup>-1</sup>): 0,10; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0.

Zn (mg L<sup>-1</sup>): 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0.

Pb (mg L<sup>-1</sup>): 0,25; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; 10,0; 14,0.

Cr (mg L<sup>-1</sup>): 0,25; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 7,5.

## 2.5 Método Colorimétrico de Eriocromo de Cianina R

Para a determinação da concentração de alumínio nas amostras utilizou-se o método colorimétrico de Eriocromo de Cianina R. O funcionamento deste reagente começa com a diluição do reagente em soluções tamponadas a um pH de 6,0 que irá produzir um complexo vermelho a rosa, com absorção máxima em 535 nm. A intensidade da cor

depende da concentração do alumínio, tempo de reação, temperatura, etc., e pode haver ainda interferência de ferro e manganês, dois elementos facilmente encontrados em água (Apha, 1999).

Segundo o American Health Association of Water and Wastewater (APHA) 1998, a faixa ótima de concentração para a reação de alumínio com Eriocromo de Cianina R e posterior determinação espectrofotométrica, fica entre 20 a 300  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . A concentração mínima de alumínio detectável por este método na ausência de fluoretos e fosfatos complexos é de aproximadamente 6  $\mu\text{g.L}^{-1}$  (Apha, 1999).

#### Procedimento

Em balão volumétrico de 10,0 mL foram adicionadas alíquotas de 5,0 mL da amostra ou da solução-padrão; 0,2 mL de ácido sulfúrico 0,02 N; 0,2 mL de solução aquosa de ácido ascórbico 0,1 % (m/v); 2,0 mL da solução-tampão de acetado de sódio-ácido acético pH 6,0; 1,0 mL de solução aquosa de trabalho do reagente colorimétrico Eriocromo de Cianina R na concentração 300 mg L<sup>-1</sup>.

Após aferição do volume com água desionizada as leituras das absorvâncias foram feitas 3 minutos após a adição do reagente colorimétrico em espectrofotômetro de UV-VIS da marca Global Trade Technology, modelo GTA 97 no comprimento de onda de 535 nm.

## 2.6 Espectroscopia Vibracional na Região do Infravermelho (FT-IR)

O material sólido remanescente da digestão, foi caracterizado utilizando o espectrofotômetro FT-IR Spectrometer Spectrum Two, Perkin Elmer, acoplado ao acessório de reflectância total atenuada (ATR/FTIR) sendo as medidas feitas no intervalo de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ .

## 3 | RESULTADOS

### 3.1 Otimização do procedimento de digestão

As amostras apresentaram turbidez após a respectiva abertura empregando digestão ácida, feita em frasco aberto. Houve a formação de sedimentos demonstrando a presença de componentes recalcitrantes ao procedimento de digestão.

A digestão incompleta pode ser decorrente de substâncias húmicas presentes nas amostras, visto que apresentam difícil decomposição empregando digestão ácida em frasco aberto (MELO e SILVA 2008). A presença de sílica pode apresentar comportamento semelhante, pois não se apresenta solúvel ou passível de decomposição frente aos ácidos utilizados em sistemas de digestão em frasco aberto.

Substâncias húmicas são resistentes ao ataque ácido, acarretando em interferências na metodologia de quantificação bem como diminuição do percentual de recuperação do analito, pois os metais podem ligar aos compostos orgânicos por adsorção ou por mecanismos de coordenação (MELO e SILVA 2008).

O procedimento de calcinação realizado em ambiente oxidante foi realizado com intuito de promover a completa oxidação dos compostos orgânicos da amostra, eliminando possíveis interferências no processo de digestão ácida. O produto da digestão ácida em frasco aberto da cinza proveniente do processo de calcinação apresentou aspecto turvo e com sedimentação, isso permitiu inferir que os compostos resistentes ao ataque ácido apresentam características inorgânicas.

### 3.2 Espectroscopia vibracional na região do infravermelho (IV)

A caracterização do material sólido remanescente da digestão ácida das cinzas obtidas no processo de calcinação das amostras de lodos residuais após seco foi realizada por espectroscopia vibracional de absorção na região do infravermelho do IV no modo de ATR.

O espectro de IV inferiu bandas em  $1064\text{ cm}^{-1}$  e  $798\text{ cm}^{-1}$ , referentes aos estiramentos assimétrico ( $\nu_{as}$ ) e simétrico ( $\nu_s$ ) de Si-O-Si (Figura 4). De acordo com Ferraresi et al (2012), Tatiana Marisas principais as bandas para óxidos de silício e hidroxilas de silício podem acontecer nas faixas de  $700\text{-}1700\text{ cm}^{-1}$  e as bandas em  $1050\text{ cm}^{-1}$  e  $900\text{ cm}^{-1}$  são atribuídas a minerais de argila e ao quartzo.

A presença de areia (sílica) encontrada no processo de digestão ácida, possivelmente provém do processo de tratamento do resíduo nos leitos de secagem de acordo com a demanda de descarte do mês na indústria de embalagem de papel reciclado. Adiciona-se areia embaixo da manta utilizada para recolher os efluentes oriundos do tratamento do processo produtivo, no entanto, esta manta possui porosidade que permite a passagem da areia para o efluente.

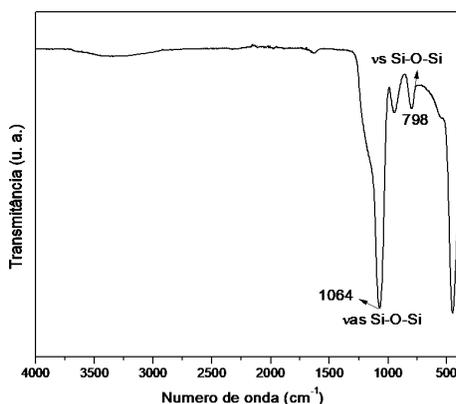


Figura 4. Espectro de absorção na região do infravermelho ( $\text{cm}^{-1}$ ) do material sedimentado após o procedimento de digestão ácida das amostras de lodo residual oriundos do tratamento de efluentes de uma indústria de embalagem de papel reciclado no interior do Paraná.

Fonte: Autores.

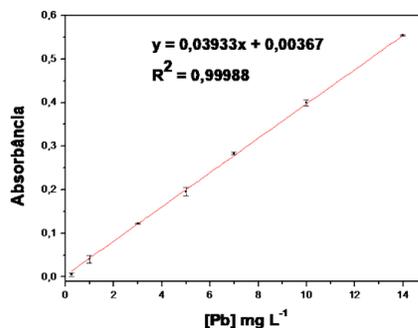
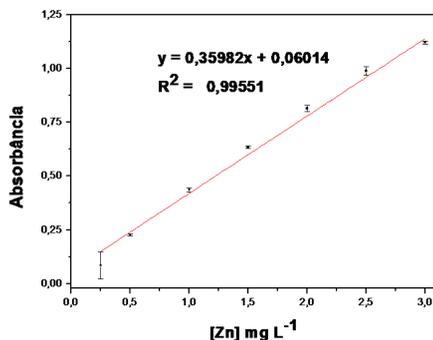
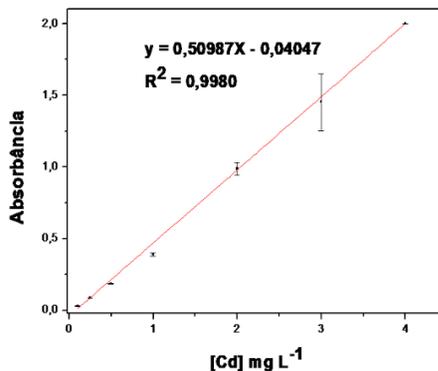
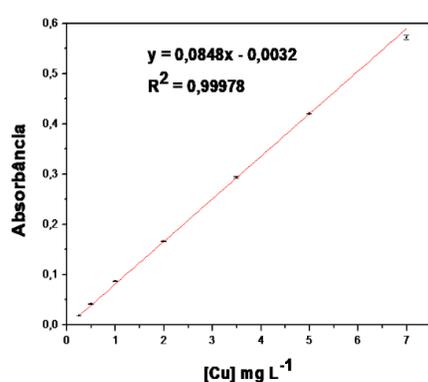
Para a completa dissolução da sílica presente na amostra é necessário a utilização de ácido fluorídrico (HF) combinado a ácidos fortes, entretanto, seu emprego em rotinas de laboratório não é recomendado, pois apresenta restrições de exigir recipientes específicos para manipulação desse ácido, além de riscos de acidentes, por se tratar de ácido altamente corrosivo (MELO e SILVA 2008).

### 3.3 Quantificação dos metais (Cu, Cd, Zn, Pb e Cr) por espectrofotometria de absorção atômica de chama (AA)

O processo de reciclagem consiste no aproveitamento das fibras celulósicas do papel usado e sua incorporação na fabricação de novos papeis nesse processo são geradas elevadas quantidades de resíduos, principalmente lodos de estações de tratamento de efluentes, estes podem possuir concentrações variáveis de alguns componentes como metais.

Neste trabalho foram quantificados os metais cobre, cádmio, zinco, chumbo e cromo. Estes metais foram selecionados para análise por se tratar de metais com toxicidade elevada com potencial para causar diversos efeitos danosos.

As curvas de calibração e regressão linear dos metais analisados estão apresentadas na Figura 5.



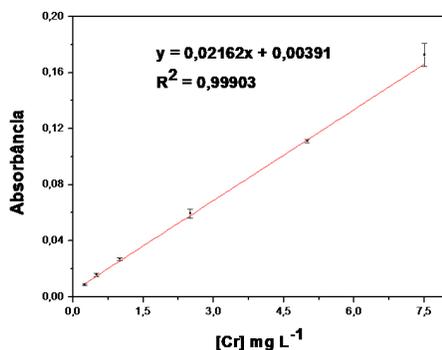


Figura 5. Curvas de calibração obtidas por espectrofotometria de absorção atômica em chama, nas seguintes faixas de concentração: cobre (0,25 a 300 mg L<sup>-1</sup>); cádmio (0,1 a 4,0 mg L<sup>-1</sup>); zinco(0,25 a 3,0 mg L<sup>-1</sup>); chumbo (0,25 a 14,0 mg L<sup>-1</sup>) e crômio (0,25 a 7,5 mg L<sup>-1</sup>).

Fonte: Autores.

Como se pode verificar na figura a metodologia empregada para quantificação dos metais crômio chumbo zinco cádmio e cobre, apresentou coeficiente de determinação entre 0,99551 e 0,99988 demonstrando adequado ajuste ao modelo linear na faixa de valores estudada.

Os valores de limite de detecção e quantificação determinados através de 3 e 9 vezes o valor do desvio padrão residual da linha de regressão foram 0,09812 e 0,29436 para o crômio, 0,74866 e 2,24599 para o chumbo, 0,05026 e 0,15077 para o zinco, 007262 e 0,2178 para o cádmio e 0,10613 e 0,0353 para o cobre respectivamente.

As concentrações obtidas para os metais supracitados encontram-se na Tabela 2.

Amostras	mg.g <sup>-1</sup> de lodo residual				
	Cu	Cd	Zn	Pb	Cr
A1	150,342±4,713	ND	ND	ND	794,730±921,242
A2	153,754±2,218	ND	15,480±26,813	ND	945,976±345,122
A3	169,844±27,341	ND	20,173±34,941	ND	ND
A4	141,069±5,462	ND	ND	ND	ND
A5	140,636±10,202	ND	ND	ND	ND
B1	145,925±2,407	ND	ND	ND	274,860±438,230
B2	131,415±12,420	ND	ND	ND	171,392±265,649
B3	165,447±5,090	ND	12,650±21,911	ND	213,689±366,609

<b>B4</b>	154,223±9,492	ND	16,026±27,757	ND	166,641±101,469
<b>B5</b>	173,694±27,441	ND	22,736±39,380	ND	475,696±823,930

Tabela 2. Concentrações em mg kg<sup>-1</sup>, obtidas de cobre (Cu), cádmio (Cd), zinco (Zn), chumbo (Pb) e crômio (Cr) por espectrofotometria de absorção atômica de chama, encontradas em lodo residual oriundo de uma fábrica de embalagens de papel reciclado no Paraná. Os pontos A1 a A5 foram coletados na superfície dos 5 pontos do leito de secagem; os pontos B1 a B5 referem-se a coleta nos mesmos 5 pontos da baía em uma profundidade de 8 cm da superfície.

Fonte: Autores.

**ND:** não detectado

**Desvio padrão:** obtido a partir de três determinações consecutivas

Os resultados encontrados para o cobre através da AA encontram-se dentro do especificado pela Resolução do CONAMA 420/2009 que para resíduos industriais, o máximo de cobre permitido é 600 mg/kg

Os resultados encontrados para o cádmio através da AA encontram-se dentro do especificado pela Resolução do CONAMA 420/2009 que para resíduos industriais, o máximo de cádmio permitido é 20 mg/kg. Nota-se que em nenhuma das amostras encontrou valores superiores ao limite de detecção da técnica utilizada.

Para o zinco, os resultados obtidos pela AA encontram-se dentro do especificado pela Resolução do CONAMA 420/2009 que para resíduos industriais, o máximo de zinco permitido é 2000 mg/kg, algumas amostras apresentaram teores inferiores ao limite de detecção da técnica.

A presença desse metal (zinco) pode ser explicada devido ao seu uso em ligas metálicas de tubulações e chapas metálicas galvanizadas.

Os resultados para o chumbo através da AA encontrados em todas as amostras foram inferiores ao limite de detecção da técnica utilizada

As concentrações obtidas para o crômio total através da AA encontram-se em sua maioria dentro do especificado pela Resolução do CONAMA 420/2009 para resíduos industriais, onde o máximo de crômio total permitido é 400 mg/kg.

Algumas amostras da digestão apresentaram teores inferiores ao limite de detecção da técnica.

Os pontos de coleta A1 (794,730±921,242), A2 (945,976±345,122) e B5 (475,696±823,930) apresentaram concentrações de crômio acima do permitido pela legislação e isso pode ser decorrente de diversos fatores externos como origem da matéria prima, desgaste de ligas metálicas do maquinário da indústria e também devido a não homogeneização do leito de secagem (CETESB, 2017).

### 3.4 Espectrofotometria de absorção na região do ultravioleta-visível (UV-VIS)

A determinação quantitativa de alumínio proveniente do lodo residual foi feita utilizando o método colorimétrico de Eriocromo de Cianina R, um dos métodos para determinação de Al em amostras em águas, solos, lodos residuais, etc (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1999). A Figura 6 representa o preparo das amostras usando o método colorimétrico de Eriocromo de Cianina R. A leitura das amostras foi realizada no comprimento de onda máximo de absorção de 535 nm.

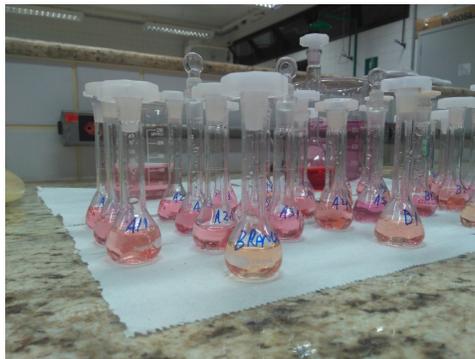


Figura 6. Amostras preparadas pelo método colorimétrico de Eriocromo de Cianina R.

Fonte: Autores.

A curva de calibração está ilustrada na Figura 7.

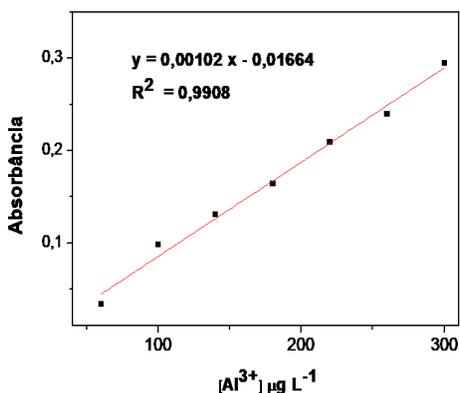


Figura 7. Curva de calibração de alumínio na faixa de 60 a 300  $\mu g L^{-1}$  determinado por espectrofotometria de absorção no UV-VIS em 535 nm utilizando o método colorimétrico de Eriocromo de Cianina R.

Fonte: Autores.

As elevadas concentrações de alumínio encontradas nas amostras de lodos residuais se devem a utilização de policloreto de alumínio (conhecido como PAC), um reagente na produção de papel. O PAC é um sal de alumínio pré-polimerizado de fórmula bruta  $[Al_n(OH)_mCl_{3-n}]_m$ , tem como função retirar todo o lixo iônico na formação do papel (MAGNAN, 2010). As concentrações de Al obtidas estão apresentadas na Tabela 3.

<b>Amostras</b>	<b>Concentração de alumínio (g.Kg<sup>-1</sup>) de lodo residual</b>
<b>A1</b>	12,077 ± 6,074
<b>A2</b>	22,052 ± 4,063
<b>A3</b>	24,190 ± 3,624
<b>A4</b>	11,123 ± 4,636
<b>A5</b>	17,672 ± 15,603
<b>B1</b>	9,216 ± 14,065
<b>B2</b>	9,394 ± 3,732
<b>B3</b>	19,205 ± 7,770
<b>B4</b>	18,232 ± 5,363
<b>B5</b>	17,459 ± 13,063

Tabela 3. Concentração de alumínio em (g.Kg<sup>-1</sup>) obtido pelo método colorimétrico de Eriocromo de Cianina R em lodo residual oriundo de uma fábrica de embalagens de papel reciclado no Paraná. Os pontos A1 a A5 foram coletados na superfície da baía; os pontos B1 a B5 referem-se a coleta nos mesmos 5 pontos da baía em uma profundidade de 8 cm da superfície.

Fonte: Autores.

**Desvio padrão:** obtido a partir de três determinações consecutivas

O alumínio é um elemento anfótero que pode atuar como cátion em meio ácido e como ânion em meio básico, sendo o pH o principal fator que controla a sua disponibilidade no solo (MALAVOLTA, 1980), porém não há uma legislação brasileira para a concentração de alumínio no solo, apenas para águas e efluentes industriais.

## 4 | CONCLUSÕES

A digestão das amostras provenientes de lodo residual por via seca seguida da digestão por via úmida mostrou-se eficiente, sendo possível determinar os teores dos seguintes metais: Al, Cu, Cd, Zn, Pb e Cr. O procedimento eficiente da abertura da amostra permitiu caracterizar a presença de sílica (areia) no material sólido remanescente da digestão.

Quanto a determinação dos metais Cu, Cd, Zn, Pb e Cr por espectrofotometria de absorção atômica (AA) com chama, não houve a detecção de Pb e Cd (metais com

elevadas citotoxicidades). Os demais metais analisados (Cu, Zn e Cr) tiveram seus teores dentro dos níveis estabelecidos pela legislação 420/2009 do CONAMA.

A determinação dos teores de alumínio em amostras de lodo residual pela técnica colorimétrica de Eriocromo de Cianina R utilizando espectrofotometria no ultravioleta-visível (UV-VIS) mostrou-se eficiente, sendo possível aplicá-la no laboratório da indústria de forma prática e com baixo custo, visto ser uma metodologia assertiva para a quantificação do alumínio.

## REFERÊNCIAS

A Reciclagem de Papel no Brasil. **Compromisso Empresarial para Reciclagem CEMPRE**. 2018. Disponível em: <<http://cempre.org.br/cempre-informa/id/30/a- reciclagem-de-papel-no-brasil>> Acesso em: 06 set. 2020.

ALEXANDRE, G. **Redução do material orgânico do lodo final na fabricação de papel tissue através de otimização do processo**. 2012. 84 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial). Universidade Federal do Paraná, 2012.

APHA 1999. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.

APHA, American Public Health Association, 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington D.C

AZEVEDO F. A.; CHAZIN A. A. M. **Metais: Gerenciamento da Toxicidade**. 1. ed. São Paulo: Atheneu, 2003.

BARCELOS, T. D. J. **Cobre: vital ou prejudicial para a saúde humana?** 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Medicina). Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2008.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Ministério do Meio Ambiente**. 30 de dezembro de 2009. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/13/2013/11/CONAMA-420-09.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2019.

CALEGARI, M. A. **Espectroscopia na região do infravermelho próximo (NIR) e calibração multivariada: desenvolvimento de modelos PLS para a determinação da atividade antioxidante em amostras de própolis**. 2018. 147 f. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

CAMPOS, E. da S. **Curso básico de fabricação de papel**. 2011. Disponível em:<[http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2011\\_Curso\\_Fabricação\\_Celulose\\_Papel.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2011_Curso_Fabricação_Celulose_Papel.pdf)>. Acesso em: 06 de set. de 2020.

CETESB LABORATÓRIOS: Informações toxicológicas. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/servicos/informacoes-toxicologicas/>>. Acesso em: 02 de out. 2020.

SÃO PAULO (Estado). CETESB. Ficha de informação toxicológica: Alumínio. CETESB, GTZ. 2017. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Aluminio.pdf>> Acesso em 04 de out. de 2020.

CORREA, Camila. Avaliação do uso de espectroscopia no infravermelho para controle e garantia da qualidade da blenda biodiesel/diesel usando cartas de controle multivariadas. 2012. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FARIAS, R. **O impacto ambiental na substituição do papel virgem por papel reciclado em embalagens corrugadas.** 2013. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Embalagem). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

FERRARESI, T. M.; SILVA, W. T. L., MARTIN-NETO, L., SILVEIRA, P. M.; MADARI, B. E. **Espectroscopia de infravermelho na determinação da textura do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, n. 6, p. 1769-1777, 2012.

GALLON, A. V.; SALAMONI, F. L.; BEUREN, I. M. O processo de fabricação de papel reciclado e as ações associadas aos custos ambientais em indústria de Santa Catarina. **Associação Brasileira de Custos**, v. 3, n. 1, p. 53-80, 2008.

GERONDI, F. **Ampliação da técnica de espectrometria de absorção atômica utilizando tubo metálico na chama para determinação de prata.** 2012. 75 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

KIRA, C. S. **Estudo da composição mineral e dos elementos essenciais em amostras de leite e produtos lácteos por espectrometria de emissão atômica com plasma induzido e análise por ativação com nêutrons.** 2002. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Autarquia associada à Universidade de São Paulo (IPEN), São Paulo, 2002.

LEVY, R. S. **Análise da porosidade em alumínio com adição de celulose.** 2018. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, 2018.

LIMA, E. M. *et al.* Intoxicação por alumínio na insuficiência renal crônica. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 23, n. 1, p. 8-17, 2001.

MAGNAN, R. B. **Análise da viabilidade técnica e financeira da substituição do coagulante cloreto férrico por policloreto de alumínio durante o processo físico-químico no tratamento de efluente de abatedouro avícola.** 2010. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenheiro Ambiental). Universidade de Passo Fundo, 2010.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

MARINHA, M. S. S. **Níveis de cádmio em sangue e urina dos habitantes do entorno de uma reserva ecológica no Pantanal Mato-grossense.** 2011. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de saúde pública). Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2011.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A. Influência de métodos de digestão e massa de amostra na recuperação de nutrientes em resíduos orgânicos. **Química Nova**, v. 31, n. 3, p. 556-561, 2008.

MESQUITA, G. M. **Metodologias de preparo de amostras e quantificação de metais pesados em sedimentos do Ribeirão Samambaia, Catalão-GO, empregando Espectrometria de Absorção Atômica**. 2014. 120 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Goiás, Campus Catalão, 2014.

MEHODS, C. **Methods of soil analysis**. Book Series. 1 ed, 1996.

MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 15, p. 119-129, 2004.

MÜLLER, L. C. *et al.* Adsorção do azul de metileno em serragem de *Pinus elliottii* (pinus) e *Drepanostachyum falcatum* (bambu). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 4, p. 687-695, 2019.

OKUBO FILHO, A. Plantação de Eucalipto. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/800001/plantacao-de-eucalipto>>. Acesso em: 29 de set. 2020.

PELISSER, C. *et al.*, Caracterização do Resíduo de uma Indústria de Reciclagem de Papel. *IN CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE*, n. 14, 2017, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Poços de Caldas. 2017.

PENNER, Stanford S. **Quantitative molecular spectroscopy and gas emissivities**. Reading, Mass.: Addison Wesley Publishing Company, 1959.

Plantação de Pinus – o Guia Completo. Disponível em: <<https://www.celuloseonline.com.br/plantacao-de-pinus/>>. Acesso em: 29 de set. 2020.

PREVITAL, J. da S. **Desenvolvimento de processos analíticos para a determinação de clotrimazol e diclofenaco utilizando espectrofotometria na região ultravioleta**. 2014. 43 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2014.

ROSALINO, M. R. R. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano**. 2011. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Faculdade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

RUPPENTHAL, J. E. **"Toxicologia"**. Santa Maria-RS: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria; Rede Etec Brasil 128 (2013).

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de Análise Instrumental**. 5. ed., Bookman: Porto Alegre, 2002.

# CAPÍTULO 6

## BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS E DE FABRICAÇÃO: IMPORTÂNCIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DE PIMENTA *CAPSICUM*

Data de aceite: 04/01/2021

Data da submissão: 01/12/2020

### **Cleide Maria Ferreira Pinto**

Pesq. EMBRAPA/EPAMIG, EPAMIG Sudeste  
Viçosa-MG  
<http://lattes.cnpq.br/8705930035279413>

### **Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto**

Pesq. Aposentada EPAMIG Sudeste  
Viçosa-MG  
<http://lattes.cnpq.br/1351852178324888>

### **Roberto Fontes Araújo**

Pesq. EPAMIG Sudeste  
Viçosa-MG  
<http://lattes.cnpq.br/9376011726927406>

### **Sérgio Mauricio Lopes Donzeles**

Pesq. EPAMIG Sudeste  
Viçosa-MG  
<http://lattes.cnpq.br/1536610462846299>

**RESUMO:** As pimentas do gênero *Capsicum* apresentam expressiva importância econômica e social para o agronegócio mundial. Para que a cadeia produtiva da pimenta seja sustentável, é imprescindível considerar as boas práticas agrícolas (BPA) para a obtenção de frutos e derivados da hortalíça de boa qualidade. Todos os procedimentos utilizados na produção de pimenta devem ser conduzidos de forma que previnam contaminações ambientais e de todos os envolvidos na cadeia produtiva. As BPA aplicam-se à produção de pimenta com focos

principais nos perigos microbiológicos, físicos e químicos durante seu cultivo no campo, ou seja, do plantio à colheita. Para práticas que mantenham a segurança durante a fase de processamento existe a norma estabelecida pela Boas Práticas de Fabricação (BPF), que são práticas direcionadas, principalmente, a redução dos riscos inerentes a qualquer produção alimentícia e proteção da saúde. São pré-requisitos para a implantação de sistemas de garantia de qualidade como o sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) e para a certificação de processos e produtos pois contribui para assegurar que os seus produtos sejam, consistentemente, processados e controlados conforme as normas de qualidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Capsicum* spp, Produção Sustentável, Segurança Alimentar.

### GOOD AGRICULTURAL AND MANUFACTURING PRACTICES: IMPORTANCE FOR THE SUSTAINABILITY OF THE PEPPER *CAPSICUM* PRODUCTION CHAIN

**ABSTRACT:** *Capsicum* peppers have significant economic and social importance for global agribusiness. In order for the pepper production chain to be sustainable, it is essential to consider good agricultural practices (BPA) to obtain good quality fruits and vegetables. All procedures used in the production of pepper must be conducted in a way that prevents environmental contamination and that of everyone involved in the production chain. BPA is applied to pepper production with a primary focus on microbiological, physical

and chemical dangers during its cultivation in the field, that is, from planting to harvest. For practices that maintain safety during the processing phase, there is the standard established by Good Manufacturing Practices (GMP), which are practices aimed mainly at reducing the risks inherent in any food production and health protection. They are prerequisites for the implementation of quality assurance systems such as the Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) system and for the certification of processes and products as it contributes to ensuring that your products are consistently processed and controlled according to quality standards

**KEYWORDS:** *Capsicum* spp, Sustainable Production, Food Security.

## 1 | INTRODUÇÃO

A diversidade de propriedades benéficas presentes nas pimentas do gênero *Capsicum* e sua grande aplicação na culinária, indústria de alimentos, farmacologia, odontologia e medicina entre outras e, mais recentemente, sua utilização como planta ornamental, indicam a grande importância do seu cultivo para o agronegócio. A oleoresina, extraída da pimenta (concentrado oleoso), um corante natural utilizado na indústria de alimentos para corrigir ou intensificar a cor de certos produtos e também como flavorizante, é um produto supervalorizado no mercado nacional e internacional. A páprica, pó de coloração vermelha obtido pela moagem de frutos desidratados de pimenta e de pimentão é um dos condimentos mais consumidos no mundo.

Resultados promissores de grande número de pesquisas científicas, demonstram os benefícios e as aplicações das pimentas, o que tem estimulado, ao longo dos anos, o desenvolvimento de trabalhos, em especial nas áreas de medicina e farmácia.

As pimentas do gênero *Capsicum* apresentam expressiva importância econômica e social para o agronegócio mundial. Os dados disponíveis de produção mundial de *Capsicum* englobam pimentas e pimentões. Em 2018, a produção mundial foi de 40,9 milhões de toneladas em uma área cultivada de 3,8 milhões hectares. Os principais produtores foram: China (45,3%), México (8,4%), Turquia (6,3%), Indonésia (6,2%), Índia (4,6%), Espanha (3,1%), Nigéria (2,0%), Egito (1,9%), Estados Unidos (1,7%), Argélia (1,6%) e Tunísia (1,1%). Com relação ao Brasil, estatísticas de produção de *Capsicum* sp não se encontram disponibilizados nos informativos da FAO, mas estima-se uma produção anual de 280.000 t numa área de 13.000 ha. Acredita-se que são, aproximadamente, 5 mil hectares de área cultivada de pimenta por ano, gerando uma produção de 75 mil toneladas. Minas Gerais é o principal produtor de pimentas, seguido por São Paulo, Goiás, Ceará e Rio Grande do Sul. A produção mineira de pimenta, em 2019, foi de 2.898 t. As produções obtidas nos seis principais municípios mineiros produtores de pimenta em 2019 foram: Manga (400 t), Cordisburgo (400 t), Piranga (225 t), Monte Carmelo (184 t), Varzelândia (150 t) e Guapé e Jaíba (120 t).

No País, parte da produção de pimentas é comercializada para consumo na forma

de frutos frescos (in natura) e parte é processada em agroindústrias de portes pequeno, médio e grande. A Centrais de Abastecimento de Minas Gerais S/A (CeasaMinas), em 2019, em todas as suas unidades, comercializou, aproximadamente, 1.095 t de pimenta fresca, anualmente, no valor de R\$9.383.35,39, sendo 99,3% procedentes de Minas Gerais e o restante de São Paulo e Goiás. Nas Centrais de Abastecimento de São Paulo (Ceagesp) foram comercializadas 6.330 t de pimenta de diversas variedades, em 2017, e nas Centrais de Abastecimento de Goiás, em 2017, foram comercializadas 1,05 tonelada a R\$11 milhões.

Para que a cadeia produtiva da pimenta *Capsicum* seja sustentável, é imprescindível considerar as boas práticas agrícolas (BPA) para a obtenção de frutos e derivados da hortaliça de boa qualidade, além das condições específicas de cada local. Todos os procedimentos utilizados para a produção de pimentas devem ser conduzidos de forma que previnam contaminações ambientais e de todos os envolvidos na cadeia produtiva. Os pontos principais de controle incluem os perigos biológicos, físicos e químicos, além das práticas de cultivo com foco na conservação dos solos, da água e no bem-estar dos trabalhadores, para que, assim, a produção seja economicamente viável, ambientalmente segura e socialmente justa.

A qualidade das pimentas e dos produtos derivados tem importância decisiva para o comércio interno e externo sendo a competitividade do mercado associada à atenção dispensada às condições de produção e de apresentação dos produtos, no que se referem às embalagens, rótulos e símbolos, condições de transporte e sistema de comercialização, exigidas pela legislação. A estruturação de um modelo adequado de gestão da qualidade é imprescindível para a obtenção da matéria-prima e de seus derivados inócuos e com alto padrão de qualidade e, assim para atendimento às expectativas do mercado. Independente da forma de consumo de pimentas *Capsicum*, frescas ou processadas, a sua qualidade deve ser preservada ao longo de toda a cadeia produtiva, da produção ao consumo.

## 2 | FONTES DE CONTAMINAÇÕES DE PIMENTA DURANTE O SEU CULTIVO

O manejo criterioso do solo, da água e da cultura deve ser precedido pela escolha de uma área apropriada, considerando que contaminações de natureza química, como metais pesados ou resíduos de produtos tóxicos, ou de natureza microbiológica podem não ser eliminadas ou reduzidas das concentrações aceitáveis durante o processamento do produto. Na escolha da área de cultivo devem ser considerados aspectos importantes, como condições de infraestrutura de produção e de pós-colheita, acesso a mão-de-obra e compatibilidade com os requisitos da cultura da pimenta e do mercado. Além disso, os pimenticultores devem ter conhecimento do histórico de utilização da área de produção e das regiões vizinhas, de forma que identifiquem as fontes potenciais de contaminação.

As práticas agrícolas devem ser feitas a fim de preservar o solo, os mananciais de água e a cobertura florestal legal. Práticas conservacionistas de proteção do solo contra a erosão devem ser promovidas, e o uso da área para produção deve respeitar o código florestal vigente.

## 2.1 Ambiente de produção

Em áreas previamente utilizadas como local de despejo de lixo urbano, lixo industrial, substâncias radioativas, hospitalar, de material proveniente de incineração e áreas de mineração ou extração de óleo, não se deve cultivar pimentas, considerando-se a possibilidade de contaminações com metais pesados e outros produtos tóxicos.

Recomenda-se uma cuidadosa avaliação das condições das instalações, dos sistemas de escoamento dos despejos, dos sistemas de drenagem, dos cursos de água, seguida da identificação dos riscos potenciais de contaminação do solo, dos lençóis subterrâneos e dos cursos de água de natureza biológica, em caso de existir criação de animais a uma curta distância do local de cultivo. O despejo de animais mortos e a presença de águas estagnadas nas áreas adjacentes à de cultivo são possíveis focos de contaminação biológica. Os frutos colhidos devem ser protegidos do acesso de animais, associado ao potencial contaminante das fezes, sendo recomendadas barreiras físicas e inspeção periódica da área.

Mesmo se houver indicação de que a área foi usada anteriormente para produção agrícola, é necessário indagar sobre as práticas de produção utilizadas, pois a aplicação indiscriminada de agrotóxicos pode resultar em sérios riscos químicos.

Quando o uso prévio da área não puder ser identificado ou a avaliação da área para o cultivo de pimenta indicar a existência de perigos potenciais, são recomendadas análises do solo e da água subterrânea para os contaminantes mais prováveis.

Em regiões de relevo acidentado, as áreas mais indicadas para cultivo da pimenta são as de meia-encosta, de pequena declividade. Do ponto de vista fitossanitário, por ser uma cultura muito suscetível ao ataque de pragas e doenças, não é aconselhável seu plantio em áreas que tenham sido cultivadas, no ano anterior, com pimentão, tomate, batata, berinjela ou jiló, que são da mesma família da pimenta. Da mesma forma, deve-se evitar o plantio de pimenta em áreas anteriormente cultivadas com cucurbitáceas (abobora, moranga e abobrinha), que também podem ser fontes de pragas e de doenças. O plantio em áreas próximas dessas culturas, bem como por anos seguidos no mesmo local também deve ser evitado. Deve-se dar preferência à rotação de culturas como feijão, milho ou arroz de sequeiro em anos alternados.

O plantio de cerca-viva funciona como quebra-vento, reduz o impacto dos ventos frios ou quentes e a movimentação de algumas pragas e patógenos das pimenteiras. Cria-se uma sequência de microclimas, os quais são aproveitados para a acomodação de diferentes espécies vegetais e animais, inclusive de pragas e de seus inimigos naturais.

Recomenda-se o plantio de girassol, bananeira, café e leucena para proteção dos talhões. Internamente circundando a área de plantio, pode-se estabelecer cordões com espécies anuais de crescimento rápido como sorgo, milheto, milho, girassol, crotalária, feijão guandu, etc.

No cultivo orgânico recomenda-se, ainda, a associação com plantas repelentes e/ou atrativas com o plantio de espécies ornamentais (cravo de defunto, crisântemo) e condimentares (ex: coentro, salsa, cebolinha, arruda, alecrim, manjerição, etc) associadas às linhas de plantio. A produção orgânica de hortaliças proporciona melhor condição de vida aos produtores, além de conservar o meio ambiente, sem contaminar a água, o solo, a planta, o produtor e consumidor.

### 2.1.1 Solo

Devem-se evitar solos usados como despejo de lixo de qualquer natureza (comum, hospitalar, de produtos tóxicos, lixo industrial de substâncias radioativas e de material proveniente de incineração ou como aterro sanitário). O lixo é uma fonte de matéria orgânica e pode carrear material de origem fecal e outros compostos químicos prejudiciais ao ambiente ou ao homem como metais pesados e outros químicos tóxicos.

Para cultivo de pimentas é importante que sejam empregados solos profundos e com baixa capacidade de compactação. As camadas impermeáveis no solo dificultam a drenagem, o que prejudica o sistema radicular da hortaliça que é sensível à asfixia. Os solos mais indicados são aqueles de textura média, ou seja, argilo-arenoso.

O bom preparo do solo, facilita o pegamento da pimenteira. Ao ser preparado, devem-se demarcar, no terreno, curvas de nível espaçadas umas das outras de 20 a 30 m; realizar a aração sempre paralelamente às curvas de nível; uma ou duas gradagens para quebrar os torrões; abrir sulcos de plantio, espaçados de acordo com a variedade de pimenta. Por exemplo, para a pimenta-malagueta é de 1,2 a 1,5 m, com 20 cm de profundidade, também paralelos às curvas de nível, o que ajuda no controle da erosão.

### 2.1.2 Água

A água destinada a irrigação de pimentas pode estar sujeita a contaminação, intermitente ou temporária, pelo lançamento de esgoto doméstico e de resíduos industriais, além da própria atividade rural, como aplicação de fertilizante minerais, agrotóxicos e da criação de animais em áreas adjacentes. É importante manter os animais fora das áreas de cultivo e proporcionar aos trabalhadores de campo banheiros construídos de forma adequada ou unidades sanitárias móveis, na propriedade.

Água contaminada com microrganismos patogênicos não pode ser utilizada para fins de irrigação. O limite de contaminação estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS), para água destinada à irrigação de produtos consumidos crus, é de 1.000

coliformes fecais/100 mL. O Departamento de Saúde do Estado da Califórnia (EUA) apresenta padrões de segurança de apenas 2,2 coliformes fecais/100 mL, para quaisquer produtos consumidos cru, independentemente do sistema de irrigação utilizado. Em caso de as condições locais indicarem risco potencial de contaminação da água com rejeitos industriais ou de outras atividades, testes químicos devem ser realizados para verificar a presença e a concentração de substâncias potencialmente prejudiciais.

Além da qualidade da água, os riscos associados à irrigação de pimenta, são influenciados pela quantidade aplicada, pelo sistema de irrigação e pelo intervalo de tempo entre a última irrigação e a colheita. Em geral, as doenças de solo são mais favorecidas por irrigações em excesso, principalmente em solos de drenagem deficiente. Na cultura da pimenta, a doença de solo comum em áreas irrigadas em excesso é a murcha-defitótora causada por *Phytophthora capsici*. Outras doenças encontram condições favoráveis sob irrigação deficitária, a exemplo da incidência de oídio (*Oidiopsis taurica*). A irrigação por sulco ou gotejamento favorece incidência de doenças de solo, enquanto as doenças da parte aérea são favorecidas por irrigação por aspersão.

Para minimizar a contaminação dos frutos via água de irrigação e das fontes de água na propriedade rural deve-se, de forma preventiva: avaliar a qualidade da água e realizar o seu tratamento; não permitir o acesso de animais e de pessoas não autorizadas nas cercanias da fonte e do local de armazenamento de esterco; observar se as fontes de água estão sendo compartilhadas com pastagens, criações intensivas ou de produção de leite; armazenar composto orgânico não tratado distante dos locais do campo de cultivo e; manter os tanques de armazenamento de água em bom estado de conservação e limpeza.

Ressalta-se que além do uso na irrigação, na aplicação de fertilizantes foliares e de produtos fitossanitários para controle de pragas e de doenças, a água é usada, no campo, pelos trabalhadores para beber e para lavar as mãos.

### 2.1.3 Animais de trabalho e de criação

Animais considerados veículos de contaminação com microrganismos patogênicos, incluem mamíferos, aves, reptéis e insetos. Grande número de microrganismos pode ser encontrado na pele, penas e pelos de animais e em seus sistemas gastrointestinal e respiratório. As fezes de animais são a maior fonte de organismos patogênicos. No entanto, como os animais estão em contato com o solo, esterco e água, podem adquirir contaminantes dessas fontes em suas peles, patas, etc. Algumas bactérias patogênicas comumente encontradas na pelo incluem *Salmonella* spp., *Staphylococcus* spp. e *Streptococcus* spp. Penas e outras partes de animais domésticos podem também estar contaminadas com essas bactérias.

A deterioração do fruto de pimenta pode ser acelerada por meio do contato físico com pássaros sobre a sua superfície a qual se torna uma porta aberta para agentes patogênicos

e deteriorantes com aumento do risco de contaminação nas partes internas do produto e redução da vida de prateleira do mesmo.

É recomendável, portanto, controlar o acesso de animais nos campos de produção, instalações para armazenamento, áreas de embalagens, maquinarias, etc.; manter as áreas livres de lixo e de plantas daninhas; não acumular entulhos, como restos de vegetações, equipamentos obsoletos, para que não sirvam de abrigo a animais. A presença de animais silvestres a exemplo dos corvos, pássaros migratórios, morcegos e outros, próximos ao campo de produção resulta no aumento considerável do risco de contaminação. Entretanto, é importante considerar a legislação ambiental e de proteção animal, ao selecionar um método de afastamento de animais.

É importante, construir barreiras físicas ou de vegetação para evitar entradas dos animais no campo de cultivo, principalmente em tempos de colheita. Animais mortos ou capturados (ratos) em armadilhas devem ser enterrados ou incinerados imediatamente, a fim de evitar que outros animais sejam atraídos para a área de produção. Nas áreas adjacentes, deve-se manter a grama aparada para evitar a presença de ratos, répteis e outras pragas; manter as áreas livres de lixo; retirar restos de vegetação, equipamentos velhos e inoperantes, para que não sirvam de abrigo, principalmente de ratos e insetos.

#### 2.1.4 Pragas e doenças

As pragas mais comuns nas áreas de cultivo e de armazenamento dos frutos colhidos são as formigas, moscas, roedores e aves em geral. Da correta identificação da espécie, do grau de infestação e das prováveis localizações dos ninhos, depende o controle efetivo de formigas. Uma boa estratégia é utilizar iscas atrativas.

A mosca varejeira pode veicular poliovírus, *Salmonella* spp., *Shigella* spp. e *Escherichia coli*. Trata-se de um inseto que procria em carcaças de animais, embora possa fazê-lo no esterco e nos restos de ração em decomposição. As moscas domésticas são vetores de agentes causadores de cólera, febre tifoide, tuberculose, diarreia infantil, vermes intestinais, disenteria bacilar e poliomielite. Para eliminar a mosca da unidade de produção deve-se fazer uso de armadilha luminosa ou tratamento químico com produtos permitidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Corpos e ninhos de pombos são focos de ácaros e podem causar doenças respiratórias e de pele. A toxoplasmose, frequente em animais e aves, tem o gato como hospedeiro definitivo (onde os parasitas se reproduzem) e o homem e outros animais como hospedeiros intermediários. A transmissão pode ser por meio da inalação de fezes secas das aves. No ambiente de manuseio das pimentas, recomenda-se vedar acessos a forros; utilizar telas ou redes; utilizar fios de nylon, elementos pontiagudos ou visgo de repelência; instalar portas e portões tipo vai-e-vem e telas nas janelas.

Os roedores podem disseminar patógenos microbianos, fontes potenciais de contaminação dos produtos frescos por meio do contato com fezes e urina. Os ratos transmitem ao ser humano a leptospirose, salmonelose e a peste bubônica. No ambiente de manipulação das pimentas colhidas (galpões) recomendam-se capas metálicas nas alvenarias e portas; cones ou discos metálicos nas cordas, dutos e pilastras ou postes; telas removíveis em aberturas de aeração ou exaustão; paredes lisas; ralos e telhados reforçados; eliminação de rotas em entradas de condutores de eletricidade ou vãos de adutores de qualquer natureza; manutenção de ralos e tampos firmemente encaixados, com aberturas menores que 5 cm; eliminação de objetos e árvores encostados em muros ou paredes.

Para o controle de pragas e doenças que atacam as plantas de pimenta, recomendam-se o uso de sementes certificadas de variedades resistentes e/ou tolerantes, além de seguir os requisitos essenciais para uma boa produção da hortaliça, como boa formação de mudas, avaliação da fertilidade do solo para correção da acidez, se necessário, e adubação apropriada e espaçamento adequado entre plantas e todos os tratos culturais devem ser realizados de acordo com a necessidade da cultura seja no cultivo convencional, seja no orgânico, entre outras recomendações.

## **2.2 Insumos utilizados na produção de pimentas**

### *2.2.1 Sementes*

A qualidade das sementes é um fator de considerável importância para o processo produtivo de pimenta. Recomenda-se utilizar no plantio sementes certificadas, preferencialmente de variedades com tolerância e/ou resistência às principais pragas e doenças. A utilização de sementes próprias, ou seja, provenientes da própria lavoura do produtor pode levar à obtenção de sementes com menor qualidade genética, física, fisiológica e sanitária.

#### Adbos orgânicos e inorgânicos

Os fertilizantes orgânicos representam alternativas para os fertilizantes inorgânicos (sintéticos). Entretanto, o esterco fresco pode representar uma fonte potencial de contaminação de natureza microbiana, a exemplo de *Salmonella* spp, comumente presente no esterco de galinha, coliforme fecal presente em esterco bovino e ovino, além de outros patógenos. O tratamento prévio do esterco por ser realizado por meio de práticas como a estabilização passiva, estabilização por biodigestão e compostagem.

Os fertilizantes inorgânicos podem representar um perigo químico na produção de pimenta, principalmente, associado ao uso indiscriminado de compostos da classe dos nitrogenados (uréia, amônio ou nitrato), os quais quando usados em altas doses, promovem a acumulação de nitratos nos tecidos vegetais. A molécula de nitrato pode ser convertida em nitrosamina que é cancerígena. É importante avaliar o uso seguro de adubos inorgânicos

para que não haja risco de acumulação de nitratos nos produtos e de contaminação das águas superficiais ou subterrâneas.

Em quase todo o território brasileiro, os solos são, em geral, mais ácidos que a faixa ideal para o desenvolvimento da pimenteira, que exige pH entre 5,5 e 6,5. A acidez elevada do solo pode causar uma série de problemas para a cultura, dentre essas: teores elevados de alumínio e/ou de manganês, o que reduz drasticamente a produtividade, deficiência de cálcio, magnésio, fósforo e de outros nutrientes indispensáveis para o bom crescimento, desenvolvimento e produção das plantas.

É comum o descaso de alguns pimenticultores no que diz respeito à calagem, da mesma forma que não fazem análise química do solo. Em contrapartida, observa-se o costume de aplicar adubações minerais pesadas em áreas excessivamente ácidas, o que compromete o bom aproveitamento dos nutrientes fornecidos, o desenvolvimento das plantas além de onerar o custo de produção. O manejo adequado da adubação beneficia o meio ambiente, por causar menores níveis de acidificação do solo, eutrofização das águas, poluição do lençol freático e salinização das áreas.

O uso de certos nutrientes em excesso ou de adubações desequilibradas pelo produtor de pimentas é uma prática comum embora provoque perdas de adubos, além de problemas ambientais. Adicionalmente, são aplicados adubos foliares com nitrogênio, o que tem causado grandes desequilíbrios nutricionais na cultura. As quantidades e os tipos de adubos a ser utilizados devem ter como base a análise química anual do solo, dois a três meses antes do plantio. A quantidade de fertilizantes indicada deverá ser distribuída uniformemente no sulco ou na cova de planto, no momento do transplante das mudas e são feitas aplicações complementares ao logo do ciclo da cultura. O parcelamento é justificado pela possibilidade de altas concentrações de nitrogênio e de potássio aumentarem, momentaneamente, a concentração salina do solo o que pode ser danoso às mudas recém-transplantadas. Além disso, nitrogênio e potássio são passíveis de serem lixiviados ou arrastados da área por precipitação intensa ou irrigação mal executada. Nas aplicações de cobertura, os adubos deverão ser distribuídos na projeção da copa das plantas. Quando possível, uma irrigação controlada solubiliza o fertilizante e prove uma incorporação, o que diminui as perdas. No cultivo orgânico, de acordo com análise do solo a adubação de plantio é feita com 150 a 200 g/m<sup>2</sup> de termofosfato e de 2,0 a 2,5 kg/m<sup>2</sup> de composto orgânico. Em cobertura, recomenda-se aplicar biofertilizantes com frequência semanal, na concentração de 5 % por 30 dias após o transplante das mudas. Estas aplicações podem ser estendidas até o início da frutificação de acordo com o desenvolvimento e o estado nutricional da cultura. Para composto de farelos (tipo Bokashi®), recomenda-se três aplicações de 50 g/planta, sendo uma antes e duas após a frutificação. É importante a incorporação superficial deste adubo com foco no seu melhor aproveitamento. A adubação verde é manejo eficiente para a cobertura do solo e da matéria orgânica. Além disso, seu cultivo nas entrelinhas das pimenteiras pode trazer vantagens adicionais como o fornecimento de nitrogênio e o controle de plantas espontâneas.

### 2.2.2 Produtos fitossanitários no manejo de pragas e doenças das pimenteiras

Uma das maiores preocupações dos consumidores de pimentas é a sua contaminação com resíduos de inseticidas, acaricidas e fungicidas (agrotóxicos) advindo do uso de produtos em concentrações acima daquelas permitidas pelo MAPA, além do uso de produtos não registrados para a cultura no manejo de pragas e de doenças. Em caso de optar pelo uso de agrotóxicos, recomenda-se aqueles registrados pelo MAPA nas dosagens pré-estabelecidas, preparo correto da mistura, cuidados durante e após a aplicação, e ainda, respeitando os períodos de carência. O produtor deve realizar o registro constante dos produtos usados, prevenir a contaminação dos mananciais e dos solos adjacentes à área de produção, regular os bicos dos aplicadores e, após a aplicação, lavá-los para eliminar resíduos, manter os produtos em suas embalagens originais, rotuladas e com instruções de aplicação, usar equipamento de proteção individual (EPI) e possuir treinamento para aplicação de produtos.

No MAPA, existem acaricidas registrados para controle do ácaro-branco e inseticidas para o controle da mosca-branca, pulgão e tripses. Existem também produtos registrados para as doenças antracnose e mancha-de-cercospora. Entretanto, o controle químico deve ser evitado e, se for opção, o produtor deve fazê-lo após uma avaliação técnica e com a devida receita expedida por um engenheiro agrônomo.

A calda sulfocálcica, na concentração de 1% (30° Baumé), é eficiente no controle do ácaro-branco em pimenta. A calda bordalesa a 1,5%, proporciona bom controle de cercospora causada por *Cercospora capsici* e de oídio causado por *Oidiopsis taurica*.

Outros insumos alternativos indicados incluem o uso de extratos vegetais, óleos, leite cru, sais, sabão, urina de vaca os quais apresentam boa eficiência técnica e praticabilidade de uso pelos agricultores. Além da eficiência, esses produtos assim como das caldas sulfocálcica, bordalesa e viçosa, apresentam baixa toxicidade, baixo impacto ambiental, são produzidos com materiais oriundos da propriedade, de fácil aquisição, de custo reduzido e de fácil preparação e aplicação. A recomendação desses produtos deve ser fundamentada em resultados de pesquisas, para que sejam aplicadas a partir de formulações seguras e eficientes, em concentrações adequadas. No Brasil existem 96 produtos biológicos e extratos vegetais registrado exemplo do bioinseticida criado a partir da bactéria *Bacillus thuringiensis* subsp. israelensis (Bti) para defesa de lavouras de hortaliças atacadas por lagartas. Em maio de 2020, foi lançado, pelo MAPA, o Programa Nacional de Bioinsumos. O aplicativo Bioinsumos, disponível para plataformas iOS e Android, disponibiliza 265 defensivos biológicos (bioacaricidas, bioinseticidas, biofungicidas e bioformicidas).

## 2.3 Saúde e higiene dos trabalhadores e instalações sanitárias

A saúde, as práticas e a conduta higiênica dos trabalhadores envolvidos no cultivo

da pimenta têm importância crítica para a redução da ocorrência de contaminações dos frutos, por isso, devem ser monitorados com frequência visando a redução da ocorrência de contaminações dos frutos. Trabalhadores com infecção de ferimentos superficiais, diarreias, gripe e vômitos devem ser afastados, temporariamente, de suas atividades.

O asseio dos trabalhadores, principalmente daqueles que entram em contato direto com as pimentas, deve ser observado. Os trabalhadores devem cortar as unhas, os cabelos, não usar barba e lavar as mãos após a utilização de sanitários, após contato com o solo e após o manuseio de equipamentos sujos, materiais descartáveis, fertilizantes, agrotóxicos, produtos químicos e materiais de limpeza. Cortes ou machucados superficiais devem ser protegidos com ataduras à prova de água, quando for o caso de os trabalhadores continuarem suas atividades.

Hábitos e comportamentos, como fumar e cuspir, enquanto desenvolve suas atividades, ou espirrar sobre o produto, são fontes de contaminação e devem ser evitadas.

Instalações sanitárias devem estar disponíveis próximas dos campos de produção, com banheiros providos com fonte de água limpa, sabão, toalhas descartáveis e soluções sanitizantes. Devem ser projetadas de forma que permitam a retirada periódica de dejetos sem contaminar o ambiente; possibilitem a higiene pessoal dos trabalhadores e sejam mantidas em boas condições de funcionamento e limpeza. Os postos sanitários móveis devem estar localizados, no mínimo, à distância de 400 m, da área de trabalho, estar longe de fonte de águas superficiais, também por, 400 m com papel higiênico; papel toalha, e ter boas condições de higiene. Podem ser construídas fossas sépticas em áreas que não permitam a contaminação do solo, água superficial e lençóis de água subterrâneos para esse fim.

## **2.4 Equipamentos de cultivo e colheita**

Os equipamentos e contentores utilizados no cultivo da pimenta devem ser limpos e sanitizados, desinfestados por meio de procedimentos corretos, e devem estar em bom estado de conservação. Os contentores para lixo, subprodutos, partes não comestíveis ou substâncias perigosas devem ser identificados.

A colheita das pimentas é realizada manualmente e deve ser nos horários mais frescos do dia. Os frutos são destacados das plantas com ou sem pedúnculos, em função do tipo de pimenta e do mercado de destino. Ainda, no campo, o produtor deve remover aqueles com injúrias físicas, podridões ou outros sinais de deterioração e com injúrias fisiológicas decorrentes de ataque de pragas e doenças. Para as pimentas destinadas à indústria de molhos e de conservas, os pedúnculos são retirados dos frutos ainda na lavoura ou no ambiente (galpão de manipulação pós-colheita). Cuidados devem ser redobrados para a prevenção de possíveis danos mecânicos que possam afetar a integridade e a aparência do produto. Todas as sujidades aderidas ao produto após a colheita devem ser removidas

A colheita também requer um bom padrão de higiene no campo, como o uso de embalagens adequadas, em geral, caixas ou bandejas plásticas, limpas, evitando-se o contato da embalagem com o solo e transportadas o mais rápido possível para a casa de embalagem e/ou de processamento. As pimentas colhidas devem ser protegidas de danos mecânicos e o seu acondicionamento em caixas não deve exceder a capacidade permitida.

### **3 I MANUSEIO PÓS-COLHEITA E TRANSPORTE**

#### **3.1 Prevenção de contaminação cruzada**

Durante a produção, colheita e procedimentos pós-colheita, deve-se prevenir a ocorrência de contaminação cruzada, ou seja, contaminação decorrente do contato de um produto sadio com uma superfície, utensílio ou frutos contaminados. Para a sua prevenção, é necessário não expor os contentores ao contato com solo, fezes de animais, esterco ou outros tipos de sujidades na área de produção, separar os frutos deteriorados, impróprios para o consumo humano e não transportar agrotóxicos, esterco, lixo e outros produtos nos contentores das pimentas.

#### **3.2 Transporte do campo para o local de armazenamento**

As unidades de transporte não devem conter sujidades visíveis, partículas de alimento e resíduos de água acumulados e, devem ser lavadas e descontaminadas com detergentes e sanitizantes próprios para esse fim. Deve-se evitar o transporte de animais ou substâncias químicas na unidade transportadora das pimentas.

O ambiente de manipulação de pimentas deve ter afastamento adequado de áreas de armazenamento de esterco e de outros resíduos tóxicos e bloqueio do acesso de animais domésticos e de outras pragas. A higiene e o controle da temperatura são fatores importantes para evitar contaminação e manter a qualidade dos frutos. As caixas de frutos devem ser colocadas sobre paletes para evitar seu contato direto com o piso, com distância mínima de 20 cm entre os paletes e as paredes e de 10 cm entre os paletes e o piso. Essa distância permite a ventilação adequada e facilita a limpeza e a inspeção da presença de roedores e insetos. Paredes, pisos e tetos devem ser higienizados periodicamente.

É comum o processamento dos frutos, principalmente, na forma de conservas, no próprio local de produção, mas, em geral, os frutos frescos, após a colheita, são comercializados diretamente pelo produtor ou por meio de atravessadores que repassam para os processadores de agroindústrias. Na propriedade, os frutos são adquiridos à granel ou acondicionados em bombonas plásticas (de 50 L, 100 L ou 200 L) e/ou garrafas PET de refrigerante (de 2,0 L), contendo salmoura ou álcool. Entretanto, a reutilização das garrafas PET é considerada arriscada e carece de segurança para a qualidade das pimentas com relação às questões de contaminação. Esta prática contraria a legislação sanitária, por isso

algumas vezes a fiscalização inibe este tipo de comercialização. A legislação preconiza a utilização de embalagens novas adequadamente limpas e sanitizadas.

#### 4 I BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO (BPF) E SEGURANÇA ALIMENTAR

O conceito de segurança alimentar, que antes referia-se apenas ao abastecimento de alimentos em quantidade adequada para a população, passou a incluir aspectos nutricionais e de higiene, por impactarem diretamente a saúde da população, como resultado da I Conferência Nacional de Segurança Alimentar, realizada em Brasília -DF, em 1994. A partir desta alteração novas legislações associadas a qualidade e inocuidade de alimentos foram estabelecidas no Brasil, dentre essas incluem-se legislação sobre Boas Práticas de Fabricação (BPF). Essas práticas são conceituadas como um conjunto de procedimentos adotados na cadeia produtiva de alimentos para garantir a qualidade do produto final. São fundamentadas na obtenção de produtos livres de contaminações, prevenção de contaminação cruzada e de condições que favoreçam a multiplicação microbiana e/ou produção de toxinas e rastreabilidade do processo e do produto acabado. A sua implementação permite a produção de alimentos e a obtenção de produtos de acordo com padrões de segurança alimentar, e a orientação dos manipuladores envolvidos na cadeia produtiva.

No Brasil e em outros países as BPF seguem as recomendações do *Codex Alimentarius*. Essas práticas devem ser descritas, formalmente, em um Manual de Boas Práticas de Fabricação, específico para cada estabelecimento. Também são exigidos os Procedimentos Operacionais Padronizados (POP), que são requisitos específicos das BPF os quais devem ser detalhados de forma objetiva, com a inclusão de instruções sequenciais para a realização de operações rotineiras e específicas na produção, armazenamento e transporte de alimentos monitorados e, se necessário, corrigidos e verificados.

Ao considerar a alta perecibilidade de frutos de pimenta *Capsicum* após a colheita, o seu processamento é a melhor alternativa para a prevenção de perdas para produtores e empresários. A primeira condição para obter produtos derivados com alta qualidade é o uso de matéria-prima de alta qualidade. Para isto, é imprescindível a implementação das Boas Práticas Agrícola (BPA) na produção e das BPF no processamento. Assim, será possível a redução dos custos gerados por perdas e devoluções e prevenção da ocorrência de casos e surtos de infecções e de intoxicações de origem alimentar. Todos os esforços investidos na adoção dessas práticas contribuem para a inserção dos produtos no mercado e sustentabilidade do agronegócio pimenta.

A falta de adequação e ou a precariedade das instalações de produção estão entre as principais causas da ocorrência de contaminações dos alimentos e, em consequência, da ocorrência de doenças de origem alimentar. Essas doenças são causadas pela ingestão de alimentos e/ou água contaminados com agentes biológicos (bactérias patogênicas e suas

toxinas, vírus, parasitas e protozoários); químicos (resíduos de antibióticos, micotoxinas, pesticidas e metais pesados) e físicos (fragmentos de vidros, metal ou madeira). Essas contaminações constituem um entrave considerável do setor alimentício em todo o mundo sendo, uma das principais ameaças à saúde pública e ao desenvolvimento socioeconômico dos países, com alta taxa de morbidade e mortalidade. Portanto, os riscos e as consequências das contaminações alimentares constituem uma preocupação mundial. As contaminações dos alimentos são associadas a condições inapropriadas de higiene na produção, transporte e comercialização; instalações, equipamentos e utensílios; hábitos higiênicos inadequados e saúde dos manipuladores; qualidade insatisfatória da água; falta/ineficiência de um programa de controle de pragas e vetores; contaminações cruzadas e ineficiência do seu controle na cadeia produtiva.

Existem mais de 250 tipos de doenças de origem alimentar e, a sua maioria é associada a bactérias e suas toxinas, vírus e parasitas. Outras doenças incluem envenenamentos com toxinas naturais provenientes de cogumelos venenosos, de algas e peixes ou com produtos químicos tóxicos, por exemplo, chumbo, agrotóxicos. Como exemplos de agentes etiológicos pode-se citar norovírus, *Salmonella* spp., *Clostridium perfringens* e *Campylobacter* spp., *Toxoplasma gondii*, *Listeria monocytogenes*. As doenças de origem alimentar podem ser associadas ao consumo de diversos tipos de alimentos contaminados incluindo as especiarias. Existem relatos, em diversos países de surtos associados ao consumo de especiarias contaminadas com microrganismos patogênicos como de especiarias contaminadas *Salmonella* e *Bacillus* spp. e envolvimento de grande número de pessoas em países desenvolvidos como Estados Unidos, Dinamarca e Alemanha.

Em países em desenvolvimento, a situação é mais grave considerando que, parte da população é mais exposta aos agentes etiológicos das doenças de origem alimentar considerando os fatores: escassez de água potável, condições de armazenamento e transporte de alimentos frequentemente inadequados e falta de conscientização sobre as boas práticas de produção e fabricação. A subnotificação de casos é, ainda, um entrave para estimar o número real das ocorrências. Embora no Brasil tenha tido um avanço na legislação relativa ao controle de doenças de origem alimentar e aos serviços de vigilância sanitária e epidemiológica, as doenças de origem alimentar acometem uma fração considerável da população. Estima-se que o número real dessas ocorrências é bem inferior ao número real em razão da subnotificação. Poucos estados brasileiros têm estatísticas sobre os agentes etiológicos e alimentos mais comuns envolvidos em casos e surtos. As regiões sudeste e sul têm seus serviços de vigilância sanitária e epidem

Fungos filamentosos são contaminantes comuns encontrados em pimentas *Capsicum* incluindo fungos de campo (*Alternaria*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Rhizopus* e *Mucor*). E, os fungos de estocagem, encontrados em produtos processados e armazenados em condições de umidade relativamente baixas (*Aspergillus*, *Penicillium* e *Eurotium*, *Alternaria*, *Fusarium*,

*Cladosporium*, *Rhizopus*, *Ulocladium*, *Wallemia* e *Mucor*). Alguns, são produtores potenciais de micotoxinas. A presença de fungos toxigênicos em produtos *Capsicum* é muito comum, embora não implique, necessariamente, na presença de micotoxinas considerando que a sua produção é dependente da capacidade toxigênica da linhagem, de fatores intrínsecos e extrínsecos e não, necessariamente, da população fúngica. Existem centenas de micotoxinas, entretanto, poucas têm importância em segurança alimentar. Por exemplo, na legislação europeia encontram-se estabelecidos limites toleráveis para produtos *Capsicum* apenas para aflatoxinas, ocratoxina A com limites de 5µg/kg para aflatoxina B1, 10µg/kg para aflatoxinas e 30µg/kg para ocratoxina A. No Brasil, os limites toleráveis são 20µg/kg para aflatoxina B1, B2, G1 e G2 e 30µg/kg para ocratoxina A.

#### **4.1 Descrição das Exigências Legais de BPF**

Grande parte das adequações às BPF de estabelecimentos processadores de alimentos em geral não exige investimentos dispendiosos e sim, mudanças de hábitos e organização como: aspecto de higiene pessoal, prevenção de contaminações, controle da qualidade da água, organização dos ambientes, entre outros. As adequações referentes à infraestrutura demandam maiores investimentos. Nesse caso, deve-se buscar orientação nos órgãos competentes sobre a existência programas de financiamento e como ter acesso a linhas de crédito para esse fim. Os profissionais responsáveis pela produção e ou industrialização de alimentos devem atuar de forma preventiva na busca da adequação dos processos e instalações para atingir os padrões de qualidade exigidos pela legislação e pelos consumidores. Todos os esforços investidos contribuem para a inserção dos produtos no mercado e sustentabilidade do setor produtivo.

#### **4.2 Edificação, instalações, equipamentos, móveis e utensílios**

Ao planejar as instalações de um estabelecimento de produção de alimentos faz-se necessária a orientação de profissional especializado e a busca de informações nos órgãos fiscalizadores, nesse caso o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e suas secretarias estaduais ou municipais e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). O estabelecimento deve situar-se em locais isentos de odores indesejáveis, fumaça, pó ou outros contaminantes; não estar exposto a inundações e ser devidamente cercado e afastado do limite de vias públicas. A edificação e as instalações devem ter o seu projeto aprovado, com previsão de fluxo ordenado e sem cruzamentos em todas as etapas do preparo de alimentos, e facilitadas às operações de manutenção, limpeza e, quando for o caso, desinfecção. O acesso às instalações deve ser controlado e independente, não comum a outros usos. Outras exigências são apresentadas no Quadro 1.

Item	Exigência
Dimensionamento da edificação e das instalações	Compatível com todas as operações
Projeto	Prevenção de contaminação cruzada: separação das áreas, setores de alvenaria ou outro material aprovado por órgãos competentes, com definição de um fluxo de pessoas e alimentos.
Refeitórios, lavabos, vestuários e banheiros do pessoal auxiliar e o local de armazenamento do material de limpeza	Proibição de acesso direto: separação completa dos locais de manipulação de alimento.
Os insumos, matérias-primas e produtos acabados	Estocagem sobre estrados e separados das paredes.
Piso, parede e teto	Íntegros, conservados, livres de rachaduras, trincas, goteiras, vazamentos, infiltrações, bolores, descascamentos, ausência de focos de contaminações: utilização de materiais resistentes ao impacto, revestimento liso, impermeável e lavável.
Portas	Mantidas ajustadas aos batentes e, aquelas da área de preparo e armazenamento de alimentos, devem possuir fechamento automático, de material não absorvente, fácil limpeza, com dobradiças vai-vem e sem maçanetas.
Aberturas externas das áreas de armazenamento e preparo de alimentos, e sistema de exaustão	Uso de telas removíveis de malha milimétrica para impedir o acesso de vetores e pragas urbanas.
Janelas e outras aberturas no ambiente.	Devem ser mantidas ajustadas aos batentes e outras aberturas devem ser construídas de forma a evitar o acúmulo de sujidades. Aquelas que possuíram comunicação com o exterior devem ser providas de proteção de telas anti-pragas, serem de fácil limpeza e possuírem boa conservação. Devem ser projetadas para que propiciem uma boa ventilação e impedir o excesso de sol. O peitoril não deve ser utilizado para depósito ou colocação de plantas e outros objetos.
Paredes	Construídas de alvenaria e revestidas de materiais impermeáveis, laváveis e de cores claras. Devem ser lisas, sem frestas, de fácil limpeza e sanitização, e altura de até 2m. Os ângulos entre as paredes e os pisos e entre as paredes e o teto devem ser abaulados e sem frestas de qualquer espécie, para facilitar a limpeza.
Pé direito, pisos	Deve permitir a instalação adequada de equipamentos, com altura mínima de 3m. Os pisos devem ser de cor clara, de material resistente ao trânsito, impermeáveis, laváveis, antiderrapantes, de fácil limpeza e sanitização, não devem possuir frestas. A sua inclinação deve ser eficiente para o escoamento de líquidos em direção aos ralos. Os ralos, do tipo sifão ou similar, devem ser lavados com frequência para evitar o acúmulo de gorduras e a proliferação de pragas.

Os tetos ou forros	Construídos e/ou acabados de modo a facilitar a limpeza e que se impeça o acúmulo de sujeira e minimize ao máximo a condensação e o crescimento de fungos. Deve possuir sistema de vedação contra insetos e outras fontes de contaminação. A junção com a parede deve ser arredondada. As dependências industriais deverão dispor de iluminação natural e/ou artificial que possibilitem a realização das tarefas e não comprometem a higiene dos alimentos.
Fontes de luz artificial	As fontes de luz devem ser suspensas inócuas, protegidas contra rompimentos. A iluminação não deve alterar as cores. As instalações elétricas deverão ser embutidas ou aparentes e, neste caso, estarem protegidas por canos isolantes e, apoiadas nas paredes e tetos, não sendo permitida a presença de cabos pendurados nas áreas de manipulação.
Ventilação	Suficiente para evitar o calor excessivo e a condensação de vapor. A corrente de ar nunca deve fluir de uma área suja para uma área limpa. Aberturas como janelas, portas e outras que permitem a ventilação deverão ser dotadas de dispositivos que protejam contra a entrada de agentes contaminantes.
As escadas, montacargas e estruturas auxiliares, como plataformas, escadas de mão e rampas	Deverão estar localizadas e construídas de forma a não causarem contaminação.
Materiais que dificultem a limpeza e a desinfecção adequadas	Deverá ser evitado o uso de madeira, a menos que a tecnologia empregada torne imprescindível o seu uso, e não constitua uma fonte de contaminação.
Locais refrigerados	Uniformidade da temperatura na conservação das matérias-primas dos produtos e durante os processos industriais: Uso de termômetro de máxima e mínima ou de dispositivos de registro da temperatura.

QUADRO 1 – Itens exigidos para quanto a edificação, instalações, equipamentos, móveis e utensílios

Nota: BPF – Boas Práticas de Fabricação

### 4.3 Instalações sanitárias e vestiários

Os estabelecimentos deverão dispor de vestiários, sanitários e banheiros adequados, situados em locais corretos de acordo com o projeto, o que garante a eliminação higiênica das águas residuais. Os locais devem ser bem iluminados ventilados sem comunicação direta com as áreas onde os alimentos são manipulados. Devem dispor de pias com água fria ou fria e quente, providas de elementos adequados à lavagem das mãos e meios higiênicos convenientes para secá-las Junto aos sanitários, e localizadas de tal maneira que o pessoal tenha que passar junto a elas quando retornar em área de manipulação. Não é permitido o uso de toalhas de pano. Toalhas de papel devem ficar

junto aos sanitários bem como perto das áreas de manipulação dos alimentos para que as mãos depois de lavadas sejam secadas. As toalhas de papel deverão ser em quantidade suficiente, adaptadas em porta-toalhas e recipientes coletores. Devem ser colocados avisos indicando a obrigatoriedade de lavar as mãos após o uso de tais instalações.

Nos casos em que substâncias contaminantes sejam manipuladas, ou quando o tipo de tarefa requerer desinfecção adicional à lavagem deve existir local para a desinfecção das mãos. As instalações deverão estar providas de tubulações sifonadas, que levem as águas residuais aos condutos de escoamento.

#### **4.4 Equipamentos**

Para a limpeza e a desinfecção dos utensílios e equipamentos de trabalho, devem existir instalações adequadas construídas com materiais resistentes à corrosão e que possam ser limpas com facilidade. São necessários meios adequados para o fornecimento de água fria ou fria e quente, em quantidade suficiente. Os equipamentos, móveis e utensílios que entram em contato direto com os alimentos devem ser de materiais que não transmitam substâncias tóxicas, odores, nem sabores aos alimentos. Além disso, devem apresentar resistência à corrosão, manutenção de bom estado de conservação mesmo com repetidas operações de limpeza e desinfecção. Deve ser realizada manutenção programada e periódica dos equipamentos e utensílios e calibração dos instrumentos ou equipamentos de medição, mantendo registro da realização dessas operações. Os equipamentos fixos deverão ser instalados de modo que permitam fácil acesso e uma limpeza profunda. Deverão ser usados, exclusivamente, para as finalidades sugeridas pelo formato que apresentam.

Os recipientes para colocação de materiais não comestíveis e resíduos deverão ser construídos de metal, ou outro material não absorvente, e resistente, que facilite a limpeza e eliminação do conteúdo. Suas estruturas e vedações terão de garantir que não ocorrerão perdas nem vazamentos. Esses equipamentos deverão ser marcados com a indicação do seu uso e não poderão ser utilizados para produtos comestíveis. As superfícies dos equipamentos, móveis e utensílios utilizados na preparação, embalagem, armazenamento, transporte e distribuição devem ser lisas, impermeáveis, laváveis e estar isentas de rugosidades, frestas e outras imperfeições que possam comprometer a higienização dos alimentos e ser fonte de contaminação dos alimentos. Toda peça ou equipamento que esteja quebrado deve ser retirado da área de processamento de alimentos até ser consertado ou substituído. Não é permitida a presença de animais nos estabelecimentos de produção e comercialização de alimentos.

#### **4.5 Manipuladores - saúde e higiene pessoal**

O controle da saúde dos manipuladores deve ser registrado. Os manipuladores com lesões e/ou sintomas de enfermidades, que possam comprometer a qualidade higiênico-sanitária dos alimentos, devem ser afastados da atividade de preparação de alimentos

até a sua recuperação. Os manipuladores devem ter asseio pessoal, apresentando-se com uniformes compatíveis à atividade, conservados e limpos. Os uniformes devem ser trocados, no mínimo, diariamente e usados exclusivamente nas dependências internas do estabelecimento. Além disso, devem usar calçados fechados e máscaras laváveis ou descartáveis. As roupas e os objetos pessoais devem ser guardados em locais específicos e, reservados para esse fim. Os manipuladores de alimentos devem lavar as mãos com frequência, com produtos de limpeza autorizados e água potável fria ou quente. As mãos devem ser lavadas antes do início do trabalho, imediatamente após o uso do banheiro, entre a manipulação de alimentos cru e cozidos, após pentear os cabelos, ao entrar na área de preparação dos alimentos, antes de usar os equipamentos ou manipular produtos alimentícios, após: comer, fumar, assuar o nariz, manipular lixo, restos de alimento ou qualquer material contaminante. Devem ser afixados cartazes de orientação aos manipuladores sobre a correta lavagem e anti-sepsia das mãos e demais hábitos de higiene, em locais de fácil visualização, inclusive nas instalações sanitárias e lavatórios. Os manipuladores não devem fumar, falar, cantar, assobiar, espirrar, cuspir, tossir, comer, manipular dinheiro ou praticar outros atos que possam contaminar o alimento, durante o desempenho das atividades. Devem usar cabelos presos e protegidos por redes, toucas, ou outro acessório apropriado para esse fim. Não é permitido o uso de barba. As unhas devem estar curtas e sem esmalte ou base. Durante a manipulação, devem ser retirados todos os objetos de adorno pessoal como anéis, pulseiras, maquiagem e similares. O uso de luvas não dispensa o funcionário da obrigação de lavar as mãos cuidadosamente. Os visitantes devem cumprir os requisitos de higiene e de saúde estabelecidos para os manipuladores. Os manipuladores de alimentos devem ser supervisionados e capacitados periodicamente em higiene pessoal, em manipulação higiênica dos alimentos e em doenças de origem alimentar. A capacitação deve ser comprovada mediante documentação. Os manipuladores de alimentos devem lavar as mãos com frequência com produtos de limpeza autorizados e água potável fria ou quente. As mãos devem ser lavadas antes do início do trabalho, imediatamente após o uso do banheiro, entre a manipulação de alimentos crus e cozidos, após pentear os cabelos, ao entrar na área de preparação dos alimentos, antes de usar algum equipamento ou manipular qualquer tipo de produto alimentício, após comer, fumar, assuar o nariz, manipular lixo ou restos de alimento, manipulação de qualquer material contaminante.

#### **4.6 Qualidade da água**

O uso de água de qualidade insatisfatória inviabiliza a obtenção de produtos alimentícios de acordo com os padrões. O abastecimento de água potável deve ser abundante e corrente, e a fonte, canalização e reservatório deverão ser protegidos. O sistema deve dispor de conexões com rede de esgoto ou fossa séptica. Os ralos devem permitir o perfeito escoamento da água de forma a evitar o seu acúmulo no piso. As grelhas

devem possuir dispositivo que permitam seu fechamento. É imprescindível o controle frequente da potabilidade da água. O vapor e o gelo usados para contato direto com os alimentos ou com as superfícies que entrem em contato com estes não deverão conter qualquer substância contaminante, que cause risco à saúde. A água não potável usada na produção de vapor, refrigeração, combate a incêndios e outros fins correlatos, não relacionados com alimentos, deverá ser transportada por meio de tubulações separadas, identificadas, de preferência com cores específicas, sem que haja conexão transversal e sifonada, refluxos ou qualquer outro recurso técnico que a faça com as tubulações que conduzem água potável. As análises para avaliar a qualidade da água indicam suas características sensoriais (cor, sabor, odor e turbidez), riscos à saúde humana (metais pesados, pesticidas, solventes orgânicos, nitratos, nitritos, microrganismos patogênicos), indicadores de depósitos, incrustações e corrosão (cobre, ferro, zinco, cálcio, magnésio, cloretos, sulfatos, sílica, bicarbonatos/ácido carbônico, oxigênio), indicadores de poluição (amônia, nitrito, nitrato) e características microbiológicas.

#### **4.7 Limpeza e sanitização**

Os prédios, equipamentos e utensílios, e as demais instalações do estabelecimento, incluindo os condutos de escoamento das águas, deverão ser mantidos em bom estado de conservação e funcionamento. As salas da área de produção deverão estar permanentemente limpas, sem vapor, poeira, fumaça e acúmulos de água. Os vestiários, sanitários e banheiros, as vias de acesso e os pátios deverão estar permanentemente limpos.

As áreas de manipulação de alimentos, os equipamentos e utensílios deverão ser limpos e sanitizados com a frequência necessária e não deverão ser usadas substâncias odorizantes e ou desodorizantes. Os produtos de limpeza e sanitização deverão ter seu uso aprovado por órgão competente e pelo setor de controle de qualidade da empresa e devem ser guardados em local adequado, fora das áreas de manipulação de alimentos. O estabelecimento deve dispor de recipientes adequados, em número e capacidade, necessários para depósitos de dejetos e/ou materiais não-comestíveis. Os resíduos de detergentes e desinfetantes devem ser eliminados mediante lavagem minuciosa, com água potável, antes que as áreas e os equipamentos voltem a serem utilizados para a manipulação de alimentos.

Precauções adequadas, quanto à limpeza e sanitização, devem ser tomadas, quando forem realizadas operações de manutenção geral e/ou específica de equipamentos, utensílios ou qualquer elemento que possa contaminar o alimento. Imediatamente após o término da jornada de trabalho, ou quantas vezes sejam necessários, o chão, os condutos de escoamento de água, as estruturas de apoio e as paredes das áreas de manipulação de alimentos deverão ser rigorosamente limpos. Os manipuladores devem ter conhecimento

da importância dos riscos das contaminações e da prevenção e controle. Devem possuir também capacitação em técnicas de limpeza e sanitização.

Os equipamentos e os utensílios devem ser construídos com materiais que não transmitam substâncias tóxicas, odores e sabores aos alimentos. Além disso, devem possuir características não absorventes, resistência à corrosão e a repetidas operações de limpeza e sanitização. As superfícies deverão ser lisas e isentas de imperfeições, incluindo fendas, amassaduras, entre outras. O uso de madeira e de outros materiais deve ser evitado. A natureza do material empregado para construção e desenho dos equipamentos é tão importante quanto o das instalações. O aço inoxidável é o material mais empregado na fabricação de equipamentos e utensílios. Esse material, apesar de ser mais resistente, pode ser danificado pelo contato com soluções de salmoura e soluções de higienização em função da temperatura, concentração, velocidade de fluxo e pH.

#### **4.8 Prevenção de contaminações cruzadas**

Contaminação é a presença não intencional de qualquer material estranho nos alimentos, de origem química, física ou biológica que os tornam inadequado para o consumo humano. Contaminação cruzada é a transferência de substâncias ou microrganismos prejudiciais à saúde humana, de uma fonte contaminada para o alimento não contaminado ou pronto a ser consumido. Exemplos podem ser ilustrados como o fatiamento de carnes prontas para o consumo com faca anteriormente utilizada para cortar carnes cruas, circulação de pessoas que trabalham na recepção de leite em áreas de produtos processados.

Medidas eficazes devem ser tomadas para evitar contaminações, nas etapas iniciais do preparo dos alimentos, por contato direto ou indireto, com o material contaminado. As mãos devem ser cuidadosamente lavadas entre uma e outra manipulação de produtos nas diversas fases do processo. Todos os equipamentos e utensílios que tenham entrado em contato com matérias-primas ou com material contaminado devem ser limpos e sanitizados cuidadosamente antes de ser utilizado em produtos acabados. As matérias-primas devem ser protegidas de possíveis contaminações, por contato com lixos ou sujidades de origem animal, doméstica, industrial ou agrícola que possam causar risco à saúde. Recomenda-se, como medida preventiva de contaminações dos alimentos, não cultivar, produzir, ou extrair alimentos ou criar animais destinados à alimentação humana, em áreas em que a água usada nos diversos processos produtivos seja de qualidade insatisfatória. Ao usar substâncias tóxicas nos recipientes, estes deverão ser descartados com o objetivo de evitar possíveis contaminações nos alimentos. As matérias-primas inadequadas para consumo humano devem ser separadas durante os processos produtivos para prevenir a contaminação dos alimentos, água e ambiente. Medidas de proteção contra a contaminação das matérias primas e danos à saúde pública devem ser tomadas para evitar contaminações químicas, físicas ou microbiológicas ou por outras substâncias indesejáveis além de medidas quanto à prevenção de possíveis danos. Os meios para transportar as matérias-primas dos locais

de produção ou armazenamento, devem ser adequados para a finalidade a que se destinam e construídos de materiais que permitam a limpeza, desinfecção e desinfestação fáceis e completas.

#### **4.9 Controle integrado de pragas e vetores**

O controle Integrado de Pragas (CIP) compreende o tratamento com agentes químicos, biológicos ou físicos com o objetivo de aperfeiçoar o controle de pragas e minimizar os riscos de contaminações. Deve ser realizado apenas sob a supervisão direta do pessoal que conheça os perigos potenciais que representam para a saúde. Uma forma ativa de contaminação dos alimentos é o seu contato com insetos e ou roedores que atuam como vetores de diversas doenças. O armazenamento dos produtos deve ser feito em locais cujo controle garanta a proteção contra a contaminação e reduza ao mínimo as perdas da qualidade nutricional ou deteriorações. Os equipamentos e os recipientes não devem constituir um risco à saúde, devendo ser lavados e sanitizados. Além do conhecimento das pragas existentes, é essencial, o conhecimento do local, da região onde está localizada a empresa, *layout* e identificação de pontos críticos. O CIP minimiza o uso de inseticidas no ambiente, com o emprego de barreiras físicas visando menor exposição das pessoas e/ou animais aos produtos. Os procedimentos devem contemplar as medidas preventivas e corretivas destinadas a impedir a atração, o abrigo, o acesso e ou proliferação de vetores e pragas urbanas. No caso do controle químico, o estabelecimento deve apresentar comprovante de realização do serviço fornecido pela empresa especializada contratada. As agroindústrias de alimentos apresentam diversos locais propícios à infestação de insetos e roedores. Nessas áreas, o controle de pragas só pode ser realizado por profissionais treinados e legalizados. É vetada a prática doméstica e os produtos devem ser de uso profissional com registros no Ministério da Saúde para essa finalidade, exclusivamente.

#### **4.10 Manejo de resíduos**

O estabelecimento deve dispor de recipientes identificados e íntegros, de fácil higienização e transporte, em número e capacidade suficientes para conter os resíduos. Os coletores utilizados para deposição dos resíduos das áreas de preparação e armazenamento de alimentos devem ser dotados de tampas acionadas sem contato manual. Os resíduos devem ser frequentemente coletados e estocados em local fechado e isolado da área de preparação e armazenamento dos alimentos, a fim de evitar focos de contaminação e atração de vetores e pragas urbanas. Imediatamente após a retirada dos resíduos dos recipientes utilizados para o armazenamento, todos os equipamentos que tenham entrado em contato com eles deverão ser limpos e desinfetados. A área de armazenamento de resíduos deverá ser limpa e desinfetada.

## 4.11 Recepção de matérias-primas

As recomendações incluem a inspeção de todos os ingredientes, embalagens de produto, itens descartáveis, roupas lavadas, estrados e documentos de entrada quanto a evidências de contaminação. Não devem ser aceitas matéria prima ou ingrediente que contenha parasitas, microrganismos ou substâncias tóxicas, decompostas ou estranhas, que não possam ser reduzidas a concentrações aceitáveis, pelos procedimentos normais de classificação e/ou preparação ou elaboração. Recomenda-se inspeção e classificação de matérias-primas ou ingredientes, antes de serem introduzidos na linha de fabricação/elaboração, se necessário, deverão ser submetidos a controles laboratoriais. Para a elaboração dos produtos, somente matérias-primas ou ingredientes limpos e em boas condições deverão ser usados. As matérias-primas ou ingredientes armazenados nas dependências do estabelecimento deverão ser mantidos em condições que evitem a sua deterioração, que sejam protegidos contra a contaminação, a fim de reduzir as perdas ao mínimo. Deverá ser assegurada a rotatividade adequada dos estoques de matérias-primas e ingredientes.

## 4.12 Armazenamento de produtos e matérias-primas

### 4.12.1 *Itens secos, refrigerados e congelados*

Devem ser mantidos em áreas limpas e organizadas, pelo menos com 15 cm acima do piso, sobre prateleiras, estrados ou bandejas limpas, dispostos na ordem adequada para a rotação “Primeiro que entra primeiro que sai” (Peps). Os produtos ou ingredientes mais recentes devem ser colocados atrás ou embaixo daqueles mais antigos para evitar a contaminação cruzada. Os produtos que possam vaziar ou gotejar devem ser armazenados abaixo dos demais em recipientes limpos, tampados e rotulados, se tiverem sido retirados dos recipientes originais.

Evitar armazenar os produtos e matérias-primas sob tubulações de esgoto, de água ou de refrigeração, onde possam existir condensação acumulada ou evidência de vazamento, nem em banheiros, vestiários, locais de refugo ou de recuperação ou salas de equipamentos mecânicos. Não devem ser colocados diretamente sobre o piso ou encostados nas paredes e em locais muito cheios.

### 4.12.2 *Armazenamento a seco*

Os recipientes devem ser mantidos fechados até o momento do uso. Quando for usada apenas uma porção do conteúdo de uma embalagem ou um recipiente, o restante deve ser transferido para recipientes plásticos ou metálicos limpos, sanitizados, tampados e rotulados. Os produtos críticos como os pós de base láctea, sementes, açúcar e produtos aromatizantes, entre outros devem ser examinados com frequência, a fim de detectar presença de sinais de infestação por pragas. Um espaço de pelo menos 45 cm deve ser

deixado entre as pilhas de produtos e entre estas e as paredes. Os utensílios de limpeza e os suprimentos de embalagem e descartáveis devem ser armazenados bem fechados sob as mesmas condições sanitárias que as matérias-primas. Os agentes de limpeza e sanitizantes não devem ser armazenados acima ou próximo dos ingredientes, suprimentos de embalagem, itens descartáveis e itens que entrem em contato com os produtos. Os produtos inseticidas e os outros materiais tóxicos devem ser armazenados trancados em uma área separada daquela usada para o armazenamento dos agentes de limpeza, sanitizantes e dos produtos.

#### *4.12.3 Armazenamento em temperatura controlada*

A temperatura do congelador deve ser verificada pelo menos duas vezes por dia. Os itens congelados devem ser mantidos a  $-17^{\circ}\text{C}$  ou menos, e os itens refrigerados a  $+4,4^{\circ}\text{C}$  ou menos.

#### *4.12.4 Desinfecção das matérias-primas*

Na sanitização da matéria-prima são usados agentes com atividades antimicrobianas, sendo que a legislação brasileira recomenda o uso de substâncias cloradas.

#### *4.12.5 Armazenamento e transporte do alimento pronto para o consumo*

As matérias-primas e os produtos acabados deverão ser armazenados e transportados em condições que impeçam a contaminação e/ou a multiplicação de microorganismos e protejam contra a alteração do produto e danos aos recipientes ou embalagens. Durante o armazenamento, deverá ser feita uma inspeção periódica dos produtos acabados, com o objetivo de que só sejam liberados alimentos aptos para o consumo humano e cumprir as especificações aplicáveis aos produtos acabados. Os veículos de transporte próprios ou contratados deverão estar autorizados pelo órgão competente. Os veículos de transporte deverão realizar as operações de carga e descarga fora dos locais de elaboração dos alimentos, evitando, assim, a contaminação destes alimentos e do ar pelos gases de combustão. Os veículos destinados ao transporte de alimentos refrigerados devem dispor de meios que permitam verificar a umidade, quando necessário, e a temperatura, que deve ser mantida dentro das faixas adequadas.

Os alimentos perecíveis, principalmente os de alto risco, que deterioram facilmente, necessitam de maior atenção como os produtos à base de leite, cremes e outros. O controle da temperatura é importante para impedir o crescimento das bactérias, e produção de suas toxinas. A área de armazenamento de alimentos congelados deve ser seca, limpa e bem ventilada. O freezer deve estar funcionando na temperatura correta, a  $-18^{\circ}\text{C}$ , os alimentos não devem ser armazenados acima da linha de carga do freezer. Os prazos de validade devem ser frequentemente verificados. Os alimentos descongelados não devem ser re-congelados. Os alimentos devem ser embalados corretamente.

### 4.13 Embalagem

As embalagens devem ser armazenadas em condições higiênico-sanitárias, em local destinado para este fim sendo que o material deve ser seguro e apropriado ao produto acabado. As condições previstas de armazenamento não devem permitir que sejam transferidas para produto final substâncias indesejáveis, que excedam os limites aceitáveis pelo órgão competente. Conferir uma proteção apropriada contra as contaminações. Não devem ter sido anteriormente utilizadas para nenhuma outra finalidade que não seja o acondicionamento do produto acabado. Devem ser inspecionadas imediatamente antes do uso, para verificar sua segurança. Em casos específicos, devem ser limpas e/ou desinfetadas e, se necessário devem ser secas antes do uso. Na área de envase e de embalagem, devem permanecer apenas as embalagens necessárias para uso imediato. O ato de embalar deve ser feito em condições que excluam as possibilidades de contaminação do produto.

### 4.14 Rotulagem e apresentação

Todos os alimentos adquiridos de fornecedores e expostos à venda devem apresentar rotulagem completa e legível o que possibilita identificar a procedência e o registro do produto nos Serviços de Inspeção Municipal (SIM), Serviço de Inspeção Estadual (SIE), ou Serviço de Inspeção Federal (SIF). O rótulo deve conter as informações: nome e marca do alimento, nome do fabricante ou produtor, número de registro no órgão competente, identificação dos aditivos, ingredientes do produto, data de fabricação, data de validade, carimbo de inspeção para produtos de origem animal e seus derivados, peso e volume, temperatura de armazenamento e condições de estocagem e informação nutricional.

### 4.15 Documentação e registro

As agroindústrias devem dispor de Manual de BPF e a descrição de Procedimentos Operacionais Padronizados. Esses documentos devem estar acessíveis aos manipuladores envolvidos e disponíveis à autoridade sanitária. Devem ser aprovados, datados e assinados pelo responsável do estabelecimento. Os registros devem ser mantidos por período mínimo de 01 (um) ano e deve ser mantido em local de fácil acesso e ser de fácil disponibilidade ao serviço de fiscalização. O Manual de BP é um documento com descrição das atividades realizadas pela empresa para produção de alimentos dentro dos padrões legais de qualidade

## 5 | RASTREABILIDADE

A documentação permite ao produtor aumentar a credibilidade com os seus clientes e, em consequência, a melhoria do mercado para os produtos. A adoção das práticas que permitem a rastreabilidade do processo tem impacto positivo sobre o cliente, por indicar a preocupação da empresa com o bem-estar do consumidor. As anotações sobre as práticas

de produção, colheita e distribuição de seus produtos devem ser atualizadas com frequência. Os dados devem ser arquivados por período superior ao período de comercialização ou de vida útil dos produtos. Por exemplo, para os produtos de origem vegetal as principais anotações são o local de produção, área de plantio, época de plantio, informações dos insumos, como adubos mineral ou orgânico, agrotóxicos aplicados e informações sobre doses, grau de toxicidade e número de aplicações, tipo de irrigação, informações sobre a qualidade da água, controle de pragas e data de colheita. Todas as informações de práticas de manuseio pós-colheita também devem ser anotadas. Os lotes devem ser devidamente identificados, preferencialmente com código de barras. A sistematização dessas informações possibilita ao produtor a implementação de sistemas de garantia da qualidade, como a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC).

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os procedimentos utilizados na produção de pimenta devem ser conduzidos de forma que previnam contaminações ambientais e de todos os envolvidos na cadeia produtiva. As BPA aplicam-se à produção de pimenta com focos principais nos perigos microbiológicos, físicos e químicos durante seu cultivo no campo, ou seja, do plantio à colheita.

As BPF são pré-requisitos para a implantação de sistemas de garantia de qualidade como o sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) e para a certificação de processos e produtos pois contribui para assegurar que os seus produtos sejam, consistentemente, processados e controlados de acordo com as normas de qualidade. São práticas direcionadas, principalmente, a redução dos riscos inerentes a qualquer produção alimentícia e proteção da saúde. Assim, possui grande importância para a sustentabilidade do setor alimentício associada à conquista de novos mercados e acesso a produtos de alta qualidade, de acordo com padrões nacionais e internacionais.

Os trabalhos de extensão realizados por Empresas de Extensão e Pesquisa, Universidades, Institutos Federais entre outras instituições são de extrema importância para orientação de produtores sobre a BPA e de processadores de *Pimentas Capsicum* sobre a BPF e sua implementação em agroindústrias processadoras.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

## REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Inseticidas e fungicidas registrados para Pimenta.** Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)> Acesso em: 10 out.2020.

ANDRADE, N. J., MACÊDO, J. A. B. **Higienização na indústria de alimentos**. Editora Varela, São Paulo, 1996. 182p.

ANDRADE, N.J., PINTO, C.L.O. Higienização na Indústria de Laticínios. In: SOCORRO, M.S.R.B. **Ferramentas da Ciência e Tecnologia para a Segurança dos Alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical: Banco do Nordeste do Brasil, p. 41-68, 2008.

ANTUNES, M.A., VANZELA, E.S.L., CHAVES, J.B., RAMOS, A.M., STRINGHETA, P.C., FERNANDES, P.E. Controle de qualidade de produtos à base de pimenta. Boas Práticas Agrícolas na produção de pimentas. **Informe Agropecuário**. Pimenta: do produtor ao consumidor, Belo Horizonte, v.33, n.267, p.41-51, mar./abr., 2012.

ANVISA. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos de alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 10 jan. 2001. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Acesso: mai. 2020.

\_\_\_\_\_. Resolução - RDC nº 259, de 20 de setembro de 2002. Aprova o Regulamento Técnico sobre Rotulagem de Alimentos Embalados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 set. 2002a.

\_\_\_\_\_. Resolução - RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/ Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 06 nov. 2002b.

\_\_\_\_\_. R Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) do Ministério da Saúde. Resolução RDC nº14, de 28 de março de 2014. Dispõe sobre matérias estranhas macroscópicas e microscópicas em alimentos e bebidas, seus limites de tolerância e dá outras providências. Ministério da saúde agência nacional de vigilância sanitária diretoria colegiada. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 mar.2014.

\_\_\_\_\_. ANVISA. **Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde- SVS. Dados Epidemiológicos- DTA- Período de 2001 a 2011**. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br/svs>>. Acesso: jun.2020.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde- SVS. **Dados Epidemiológicos- DTA- Período de 2000 a 2013**. Disponível em:< [www.saude.gov.br/svs](http://www.saude.gov.br/svs)>. Acesso: jul.2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 22000: **Sistemas de gestão da segurança de alimentos – requisitos para qualquer organização da cadeia produtiva de alimentos**. Rio de Janeiro, 2006.

BETTIOL, W., MORANDI, M.A.B., PINTO, Z.V., PAULA JÚNIOR, T.J., CORRÊA, E.B., MOURA, A.B., LUCON, C.M.M., COST, J.C.B., BEZERRA, J.L. **Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. 155p (Embrapa Meio Ambiente, Documentos 88).

BETTIOL, W., GHINI, R., MORANDI, M.A.B. Alguns métodos alternativos para o controle de doenças de plantas disponíveis no Brasil. In: VENZON, M., PAULA JÚNIOR, T.J. de, PALLINI, A. **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa/MG: EPAMIG/CTZM, 2005. p. 163-183.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Portaria nº. 368, de 4 de setembro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico sobre as condições Higiénico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Elaboradores/Industrializadores de Alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 8 set. 1997a. Seção 1, p. 19697.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 46, de 10 de fevereiro de 1998. Institui o Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle - APPCC a ser implantado, gradativamente, nas indústrias de produtos de origem animal sob o regime do serviço de inspeção federal - SIF, de acordo com o manual genérico de procedimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 mar. 1998, Seção I, p. 24.

\_\_\_\_\_. Resolução n. 10, de 22 de maio de 2003. Institui o Programa Genérico de Procedimentos - Padrão de Higiene Operacional-PPHO, a ser utilizado nos Estabelecimentos, de Leite e Derivados, que funcionam sob o regime de Inspeção Federal, como etapa preliminar e essencial dos Programas de Segurança Alimentar do tipo APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 maio. 2003, Seção I, p. 04.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Portaria n. 326, de 30 de Julho de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Condições Higiénico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimento Produtores/Industrializadores de Alimentos, conforme anexo I. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 01 agos.1997b.

CARMO, A. P., PINTO, C.L.O., MARTINS, M.L. Queijos artesanais: Necessidade de adequação às boas práticas de produção e de comercialização. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.58, n.333, p.178-180, jul./ago. 2003. Anais do XX Congresso Nacional de Laticínios.

CEASAMINAS. **Oferta de produtos/variedades**. Belo Horizonte, [2019]. Disponível em: <[http://minas1.ceasa.mg.gov.br/detec/ofertas\\_prd\\_var/ofertas\\_prd\\_var.php](http://minas1.ceasa.mg.gov.br/detec/ofertas_prd_var/ofertas_prd_var.php)>. Acesso em: 07 jun 2020.

CENTERS OF DISEASE CONTROL AND PREVENTION. How many cases of foodborne disease are there in the in United States. Atlanta, 2020. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/foodborneburden/index.html>>. Acesso em 31 mar. 2020.

EFSA JOURNAL. **The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks** in 2010, v.10, p.2597, 2012.

FAOSTAT. Rome, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 28 mai 2020.

FERNANDES, M.do C. de A., LEITE, E.C.B., MOREIRA, V.E. Defensivos alternativos. Niterói: Programa Rio Rural, 2008. 17p. (Programa Rio Rural. Manual Técnico, 1). Disponível em: <<http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/01%20Defensivos%20Alternativos.pdf>>. Acesso em: 23 jun.2020.

FURTADO, A.A.L., SILVA, F.T.- **Manual de processamento de conserva de pimenta**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2005. 18 p.

INFORME AGROPECUÁRIO. Cultivo da pimenta. Belo Horizonte: EPAMIG, v.27, n.235, 2006, 108p

INFORME AGROPECUÁRIO. Pimentas: do produtor ao consumidor. Belo Horizonte: EPAMIG, v.33, n.267, 2012, 100p.

MACEDO, A. **Pimentas *Capsicum*: uma história de sucesso na cadeia produtiva de hortaliças.** Brasília – DF, ano IV, n. 18, p. 9, 2015.

MANUAL DE BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS E SISTEMA APPCC Brasília: EMBRAPA/SEDE, 2004. 101 p. (**Qualidade e Segurança dos Alimentos**). Projeto PAS campo. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/EMBRAPA.

MCLINDEN, T., SARGEANT, J.M, THOMAS, M.K, PAPADOPOULOS, A., FAZIL, A. Component costs of foodborne disease: a scoping review. **BMC Public Health**, v.14, p. 509, 2014. doi: 10.1186 / 1471-2458-14-509

MARQUELLI, W.A. Fontes de água e práticas de irrigação. In: EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Elementos de apoio para as boas práticas agrícolas e o sistema APPCC/PAS Campo**. 2. ed. rev. e atual. – Brasília, 2006. p.105-121.

MATTOS L.M., MORETTI, C. L., MOURA, M.A DE, MALDONADE, L., SILVA, E.Y.Y.DA. Produção segura e rastreabilidade de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.4, p.408-413, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA) lança Programa Bioinsumos.mp3. 27 maio 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/centrais-de-conteudo/audios/momento-agro/mapa-lanca-programa-nacional-de-bioinsumos/programa-bioinsumos.mp3/view>>. Acesso em: 27 mai.2020.

MANUAL DE BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS E SISTEMA APPCC Brasília: EMBRAPA/SEDE, 2004. 101 p. (Qualidade e Segurança dos Alimentos). Projeto PAS campo. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/EMBRAPA

MORETTI, C.L. Boas práticas agrícolas. In: ENCONTRO NACIONAL DO AGRONEGÓCIO PIMENTAS (*Capsicum* spp.), 2; MOSTRA NACIONAL DE PIMENTAS E PRODUTOS DERIVADOS, 2. 2006, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2006. 12 p. CD-ROM.

NEVES, M.C.P. Riscos associados ao histórico do solo. In: EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Elementos de apoio para as boas práticas agrícolas e o sistema APPCC/PAS Campo**. 2. ed. ver. e atual. Brasília, 2006. p.89-92.

NEVES, M.C.P.; DUARTE, R.L.; PEIXOTO, R.T.G. Riscos associados ao uso de fertilizantes. In: EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Elementos de apoio para as boas práticas agrícolas e o sistema APPCC/PAS Campo**. 2. ed. ver. e atual. Brasília, 2006. p.93-103.

PAIXÃO, M. G., LOPES, M.A., PINTO, S.M., ABREU, L. R. Impacto econômico da implantação das boas práticas agropecuárias relacionadas com a qualidade do leite. **Revista Ceres**, Viçosa, v.61, n.5, p.612-621, 2014.

PAULA JÚNIOR, T. J., VENZON, M., TEIXEIRA, J., BETTIOL, W., MORANDI, M.A.B., VILLELA, F.M.F, CASTRO, M.L.M.P. Regulamentação e uso de produtos à base de agentes biológicos para o controle de doenças de plantas e pragas no Brasil. **Informe Agropecuário**. Defesa vegetal e sustentabilidade do agronegócio, Belo Horizonte, v.34, n.276, p.50-57, 2013.

PENTEADO, S.R. **Controle alternativo de pragas e doenças, com as caldas bordalesa, sulfocálcica e Viçosa**. Campinas: Bueno Mendes. 2000. 95p.

PIMENTA. CULTIVO ORGÂNICO. ÁRVORE DA VIDA. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pimenta/arvore/CONT000gvauawt502wx7ha0g934vgupqby7.html>>. Acesso em: 12 jul.2020.

PIMENTA. In: EMATER-MG. Relatório de Saída e Acompanhamento de Safra 2019. Belo Horizonte, 2020

PIMENTAS *CAPSICUM*. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF: 2008. 200p.

PINTO, C.M.F., PINTO, C.L.O., DONZELES, S.M.L. Boas Práticas Agrícolas na produção de pimentas. **Informe Agropecuário**. Pimenta: do produtor ao consumidor, Belo Horizonte, v.33, n.267, p.21-31, mar./abr., 2012.

PINTO, C. M. F., PINTO, C.L.O., DONZELES, S.M.L. Pimenta *Capsicum*: propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável** (RBAS), v.3, p.108-120, 2013.

PINTO C.M.F., SANTOS I.C., DE ARAUJO F.F., DA SILVA T.P. Pepper Importance and Growth (*Capsicum* spp.). In: RÉGO et al (eds). **Production and Breeding of Chilli Peppers (*Capsicum* spp.)**. 1ed. New York: Springer, 2016. P.1-25.

PINTO, C.M.F., PINTO, C.L.O., CALIMAN, F.R.B., MOREIRA, G.R., VENZON, M., NEVES, W.S., PEREIRA, M.L. Pimenta (*Capsicum* spp.). In: PAULA JUNIOR, T., VENZON, M. **101 Culturas, Manual de tecnologias agrícolas**. 2.ed. Belo Horizonte: Epamig, 2019, p.729-737.

PINTO, C. M., MOREIRA, G.R., CALIMAN, F. R. B., VENZON, M., PAULA JUNIOR, T. J. Pimenta (*Capsicum* spp.). In: PAULA JÚNIOR, T.J.; VENZON, M. (Org.). **101 Culturas: Manual de Tecnologias Agrícolas**. 1.ed. Belo Horizonte: Epamig, 2007, p.625-632.

PINTO, C. L.O., SOUZA, M. R., ALVES, B.R., SANTOS, P.A., PEDROSA, F.E. Análise de condições de comercialização de produtos da agroindústria familiar no Território da Serra do Brigadeiro. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v.2, n.2, 2007. Disponível em: <<http://www6.ufrgs.br/seeragroecologia/ojs/viewarticle.php?id=1745>>. Acesso: jul.2020.

PINTO, C. L. O., PINTO, C. M. F., SANTOS, I. C. SOUZA, M.R.M , DONZELES, S.M Produção e processamento de origem vegetal na agricultura familiar: boas práticas agrícolas e de fabricação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.31, n.254, p.84-93, jan/fev. 2010.

PINTO, C. L. O., PINTO, C. M. F., DONZELES, MIRANDA, M.R.S., SANTOS, LADEIRA, C. V. G., MAGALHAES, F. A. Produção de alimentos na agroindústria familiar: a higiene em foco. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.31, n.256, p.26-35, 2010.

PINTO, C.M.F, PINTO, C.L.O., DONZELES, S.M.L. Pimenta *Capsicum*: Propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.2, 2013. DOI: 10.21206/rbas.v3i2.225.

PINTO, C.M.F., PINTO, C.L.O., CALIMAN, F.R.B., MOREIRA, G.R., VENZON, M., NEVES, W.S., PEREIRA, M.L. Pimenta (*Capsicum* spp.). In: PAULA JUNIOR, T., VENZON, M. **101 Culturas, Manual de tecnologias agrícolas**. 2.ed. Belo Horizonte: Epamig, 2019, p.729-737.

REIFSCHNEIDER, F.J.B.; LOPES, C.A. Horticultura Brasileira sustentável Sonho eterno ou possibilidade futura? **Revista de Política Agrícola**, Ano XXIV – Nº 2, p.90-101, abr./mai. /jun., 2015.

RIBEIRO, C. S.C. Pimentas *Capsicum*. Embrapa Hortaliças, 2008. 200p.

SILVA, F.T. **Boas Práticas de Fabricação**. In: II Encontro Nacional do Agronegócio Pimentas (*Capsicum* spp.), 2. Mostra Nacional de Pimentas e Produtos derivados, 2. 2006, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2006. 12 p. CD-ROM.

TONDO, E. C., CASARIN, L. S., OLIVEIRA, A. B., MARTELLO, L., SILVA JR., E. A. da, GELLI, D. Avanços da segurança de alimentos no Brasil. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia (Health Surveillance under Debate: Society, Science & Technology) – Visa em Debate**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 122-130, 2015. DOI: 10.3395/2317-269x.00443. Disponível em: <https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/443>. Acesso em: 25 nov. 2020.

VENZON, M., AMARAL, D.S.S.L., PEREZ, A.L., RODRIGUES-CRUZ, F.A., TOGNI, P.O.H.B., OLIVEIRA, R.M. Estratégias de manejo ecológico de pragas da pimenta. In: VENZON, M. et al. **Identificação e manejo ecológico de pragas da cultura da pimenta**. Viçosa, MG: EPAMIG Zona da Mata, 2011. p.24-37.

# CAPÍTULO 7

## COMPARATIVO ENTRE TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM GEOESTATÍSTICA EM UMA PARCELA EXPERIMENTAL

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 24/11/2020

### Ícaro Viterbre Debique Sousa

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Estatística  
Lavras – MG  
<http://lattes.cnpq.br/5648343045394420>

### Heron Viterbre Debique Sousa

Universidade de Itaúna, Faculdade de Engenharia e Computação  
Itaúna – MG  
<http://lattes.cnpq.br/2535104910232355>

### Antonio Mendes Magalhães Júnior

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Estatística  
Lavras – MG  
<http://lattes.cnpq.br/4990530494040296>

### Paulo Henrique Gomes dos Santos

Universidade Federal de São João Del Rei, Departamento de Bioquímica  
Divinópolis – MG  
<http://lattes.cnpq.br/3665969709416593>

### Álvaro Vinícius Machado

Universidade de Itaúna, Faculdade de Engenharia e Computação  
Itaúna – MG  
<http://lattes.cnpq.br/6308611081871840>

### Igor Luis de Castro Faria

Universidade de Itaúna, Faculdade de Engenharia e Computação  
Itaúna – MG  
<http://lattes.cnpq.br/4082640325276296>

### Hudson Marques Machado

Universidade de Itaúna, Faculdade de Engenharia e Computação  
Itaúna – MG  
<http://lattes.cnpq.br/9048914988745880>

### Marcus Vinícius Gonçalves Antunes

Universidade Federal de São João Del Rei, Departamento de Bioquímica  
Divinópolis – MG  
<http://lattes.cnpq.br/5036610894347602>

**RESUMO:** Em geoestatística o método de amostragem é um fator que influencia no resultado dos mapas de krigagem. Utilizar a amostragem aleatória, estratificada ou sistemática, apesar de comumente resultar em ajuste de semivariograma com o mesmo modelo, causa diferenças entre seus parâmetros. Comparando as três técnicas de amostragem foi possível observar os resultados dos mapas na mesma região e determinar que o uso da amostragem sistemática com auxílio de submalhas auxilia no controle de outliers espaciais e é o ideal para detectar todos os níveis de dependência espacial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Krigagem, Semivariograma, Dependência Espacial.

### COMPARISON BETWEEN GEOSTATISTIC SAMPLING TECHNIQUES IN AN EXPERIMENTAL PORTION

**ABSTRACT:** In geostatistics the sampling method is a factor that influences the result of kriging maps. Using random, stratified or systematic sampling although it usually results in

semivariogram adjustment with the same model, causes differences between its parameters. Comparing the three sampling techniques, it was possible to observe the results of the maps in the same region and determine that the use of systematic sampling with the aid of sub-meshes helps in the control of spatial outliers and is ideal for detecting all levels of spatial dependence.

**KEYWORDS:** Kriging, Semivariogram, Spatial Dependence.

## 1 | INTRODUÇÃO

Ao realizar a análise geoestatística de um determinado local, é necessária à coleta de informações, e a retirada dessas amostras é um fator que pode influenciar no resultado a ser obtido. Oliveira (1991), Vieira (2000), Yamamoto e Landim (2013) apresentam que principal objetivo da análise geoestatística é gerar mapas que demonstrem o fenômeno em pontos não amostrados naquela região, para isso se utiliza de um sistema de interpolação denominado krigagem, em que os pontos não amostrados são estimados por meio dos valores dos pontos de sua vizinhança.

Yamamoto e Landim (2013) enunciam que para realizar o processo de krigagem de maneira precisa é necessário que se faça um sistema de amostragem dos pontos de modo que se obtenha o máximo de informações do local em estudo. O sistema de amostragem pode se dar de três formas principais: amostragem aleatória, estratificada e sistemática.

Portanto, este trabalho tem como objetivo analisar as diferenças ao se realizar cada amostragem em uma mesma área. Determinando diferenças estruturais na distribuição de pontos no espaço, comportamento de parâmetros geoestatísticos e os mapas gerados com a krigagem.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo consiste em analisar espacialmente, por meio da geoestatística, dados espaciais de variável do solo coletados em uma mesma região de maneira aleatória, estratificada e sistemática. A natureza dos dados não é de interesse neste estudo, mas sim a maneira como foram coletados. A origem e tipologia dos dados não são explícitas pois os resultados devem ser interpretados de maneira generalizada para qualquer variável do solo.

Neste trabalho é empregado o estimador de semivariância proposto por Cressie e Hawkins (1980) e a utilização de 70% da distância máxima para os gráficos de semivariância. De acordo com Oliveira (1991), a utilização de 70% da distância máxima tem o intuito de evitar a presença de outliers espaciais que ocorrem quando se possui poucas amostras separadas por distâncias maiores.

Todas as análises apresentadas neste trabalho foram realizadas utilizando a linguagem de programação R Core Team (2020) com auxílio do pacote geoR, criado por Ribeiro e Diggle (2001), e é destinado à análise de dados espaciais utilizando geoestatística.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta análise é dividida em três partes: análise exploratória, análise variográfica e krigagem. Em todas as etapas serão comparados e discutidos os resultados obtidos em cada sistema de amostragem.

A primeira análise da coleta de dados é visual. Nota-se que a amostragem aleatória e a estratificada, representadas nas figuras 1 e 2, apresentam falhas, com locais não amostrados e pontos muito distantes entre si. Dado que a krigagem considera a distância entre os pontos amostrados, esse fator influencia o resultado. Por sua vez, a amostragem sistemática (figura 3) resultou em melhor distribuição dos pontos coletados, com distância uniforme entre eles.

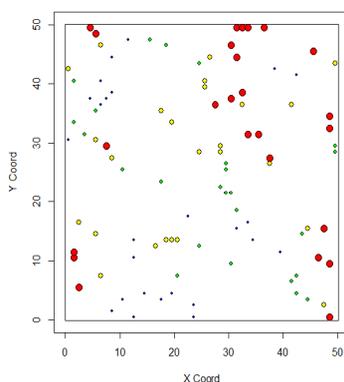


Figura 1: Amostragem aleatória.

Fonte: os autores (2020).

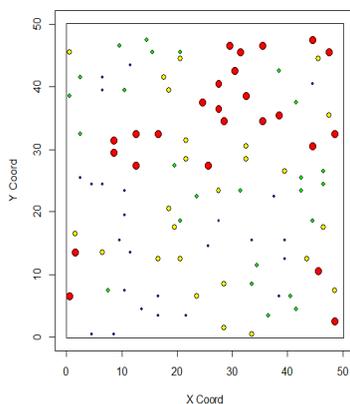


Figura 2: Amostragem estratificada.

Fonte: os autores (2020).

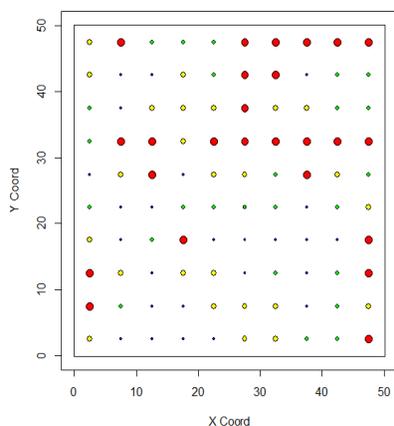


Figura 3: Amostragem sistemática

Fonte: os autores (2020).

A tabela 01 apresenta as estatísticas descritivas de cada amostragem, e mostra a existência de diferenças em cada método adotado em uma mesma área experimental.

	<b>Aleatória</b>	<b>Estratificada</b>	<b>Sistemática</b>
Mínimo	3,13700	2,95700	4,14800
Máximo	29,06100	25,82500	26,66800
Média	16,15328	15,40537	15,50215
Mediana	15,55300	15,96650	15,57350
1º Quartil	12,80250	11,90275	12,48775
3º Quartil	18,91300	18,69175	18,55950
Distância Máxima (m)	65,85590	64,44377	63,63961
Distância Mínima (m)	1,00000	1,00000	5,00000
CV (%)	31,69392	30,94475	30,23269
Variância	26,21039	22,72576	21,96532
Desvio Padrão	5,119608	4,767154	4,686717

Tabela 1: Estatística descritiva das amostragens.

Fonte: os autores (2020).

De forma subsequente, foram executadas as nuvens de pontos de cada amostragem e depois, utilizando o estimador de semivariância de Cressie e Hankins (1980), foram ajustados os semivariogramas. A amostragem aleatória e a estratificada apresenta efeito pepita próximo ao zero ideal (figuras 4 e 5), o que ocorre em razão da existência de coletas

dentro desse sistema de amostragem que possuem distâncias pequenas entre si. Porém, a amostragem sistemática possui limitação de distância mínima, neste caso de cinco metros, o que faz com que toda a informação de dependência espacial em trechos menores que essa distância não seja detectada (figura 6).

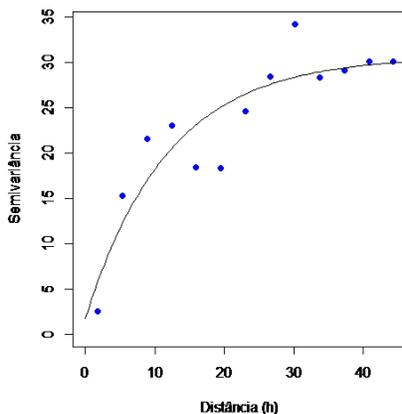


Figura 4: Ajuste do semivariograma para a amostragem aleatória.

Fonte: os autores (2020).

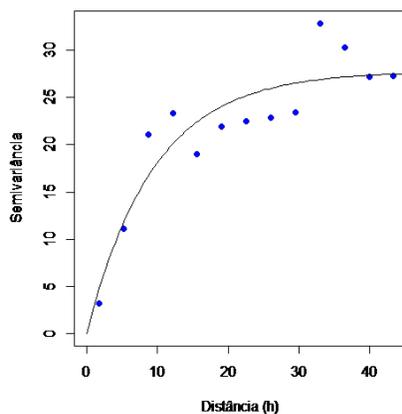


Figura 5: Ajuste do semivariograma para a amostragem estratificada.

Fonte: os autores (2020).

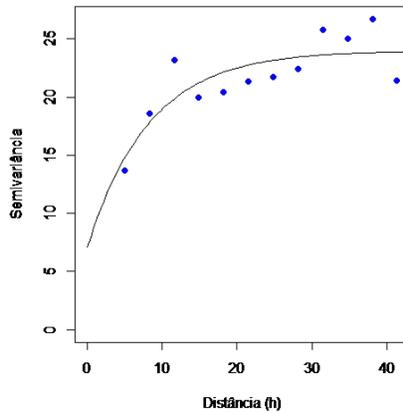


Figura 6: Ajuste do semivariograma para a amostragem sistemática.

Fonte: os autores (2020).

Ao analisar os mapas krigados nas figuras 7, 8 e 9, para cada sistema de amostragem da área experimental, podemos observar que existem semelhanças em alguns aspectos, como a presença de valores mais altos na região oeste e valores menores na região sudeste. Apresentam também diferenças de coloração, o que indica diferença entre os valores krigados.

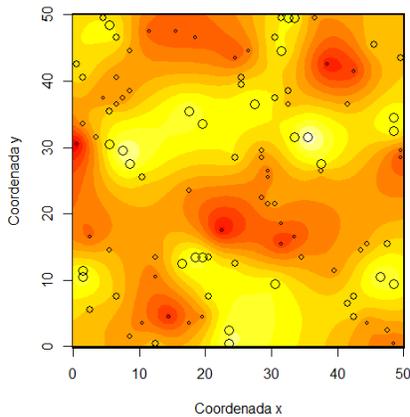


Figura 7: Krigagem para a amostragem aleatória.

Fonte: os autores (2020).

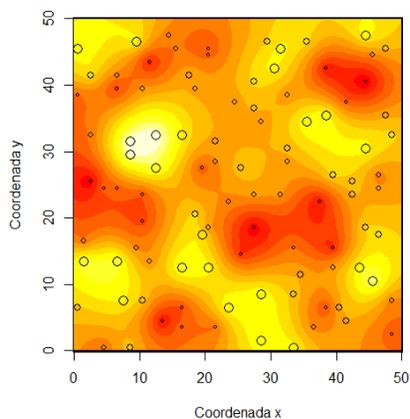


Figura 8: Krigagem para a amostragem estratificada.

Fonte: os autores (2020).

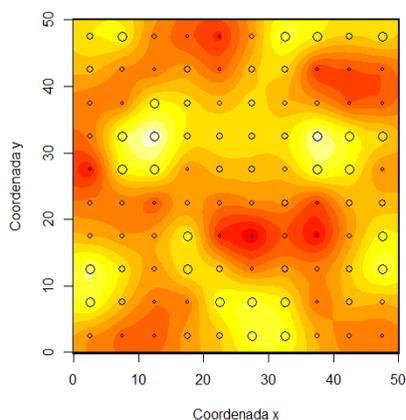


Figura 9: Krigagem para a amostragem sistemática.

Fonte: os autores (2020).

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se analisar uma mesma área experimental com coleta de dados de três maneiras diferentes (aleatória, estratificada e sistemática), é possível concluir que o sistema de amostragem de fato possui influência no resultado. Apesar de apresentarem o mesmo semivariograma, com o mesmo modelo de ajuste, os mapas de krigagem resultantes de cada sistema de amostragem são nitidamente diferentes.

Entre a escolha dos métodos aleatório, estratificado ou sistemático para a coleta de dados espaciais, subte-se, em razão de apresentar melhor distribuição espacial dos

dados, a menor ocorrência de outliers espaciais, o método de amostragem sistemático possui resultados que podem se assemelhar mais à realidade do fenômeno. Entretanto, é importante a criação de submalhas amostrais, com intuito de coletar também de maneira sistemática, valores que possuem distâncias menores do que a malha coletada anteriormente. Dessa forma, torna-se possível a detecção de dependência espacial em níveis mais precisos.

## REFERÊNCIAS

CRESSIE, N.; HAWKINS, D. M. Robust estimation of the variogram: I. **Journal of the International Association for Mathematical Geology**, v. 12, n. 2, p. 115-125, 1980.

CRESSIE, N. The origins of kriging. **Mathematical geology**, v. 22, n. 3, p. 239-252, 1990.

KRIGE, D. G. **A statistical approach to some mine valuation and allied problems on the Witwatersrand: By DG Krige**. 1951. Tese de Doutorado. University of the Witwatersrand.

MATHERON, G. The theory of regionalised variables and its applications. **Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique**, v. 5, p. 212, 1971.

OLIVEIRA, M.S. de. **Planos amostrais para variáveis espaciais utilizando Geoestatística**. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

RIBEIRO Jr., P.J. & DIGGLE, P.J. (2001) **geoR: A package for geostatistical analysis**. R NEWS, Vol 1, No 2, 15-18. ISSN 1609-3631.

R Core Team (2020). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

VIEIRA, S. R. et al. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. **Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, p. 1-53, 2000.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

## CORRELAÇÃO ENTRE DPL E SPT PARA CAMADA DE AREIA EM DEPÓSITO EÓLICO DE FORTALEZA, CEARÁ

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 05/10/2020

### Samuel Castro Prado

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Ceará  
Fortaleza – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/3206948345140568>

### Giullia Carolina de Melo Mendes

Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/4445500945118312>

### Marcos Fábio Porto de Aguiar

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Ceará  
Fortaleza – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/5139177251248997>

**RESUMO:** Em meio aos diversos métodos utilizados no Brasil para determinação da capacidade de carga em fundações, a grande maioria parte do índice de resistência à penetração ( $N_{SPT}$  ou  $N_{30}$ ). Para o caso de pequenas edificações, devido a fatores, geralmente, econômicos e culturais, a experiência ou a prática regional costumam prevalecer. O desprezo à realização de investigação do subsolo pode vir a acarretar problemas na edificação, como recalques diferenciais excessivos, ou, até mesmo, comprometer a segurança da estrutura. Dessa forma, técnicas mais simples e de baixo custo, como o ensaio com DPL (*Dynamic Probing Light*), equipamento manual de pequeno

porte que é destinado a sondagens de campo e cuja utilização ainda é recente e inusitada no Brasil, podem ser uma opção para situações de pequenas cargas, viabilizando projetos fundamentados em ensaios *in situ*. Essa técnica pode, também, ser uma opção para confirmação de características geotécnicas do subsolo em execução de fundações superficiais. Partindo de investigações com o DPL e o SPT, este trabalho tem o objetivo de realizar o estudo e propor uma correlação entre os parâmetros obtidos com os ensaios de SPT ( $N_{30}$ ) e DPL ( $N_{10}$ ) para camada de areia em depósito eólico, em Fortaleza, Ceará. Identificou-se uma correlação satisfatória entre os parâmetros analisados, considerando o melhor ajuste da linha de tendência obtida em relação à nuvem de pontos, amparada, ainda, no valor satisfatório do índice de correlação ou determinação ( $R^2$ ).

**PALAVRAS-CHAVE:** *Dynamic Probing Light, Standard Penetration Test, Investigação do Subsolo.*

### CORRELATION BETWEEN DPL AND SPT FOR WIND FARM SAND LAYER IN FORTALEZA, CEARÁ

**ABSTRACT:** Among various methods used in Brazil to determine the load capacity in foundations, the most of them considers the penetration resistance index ( $N_{SPT}$  or  $N_{30}$ ). For small buildings, due to generally economic and cultural factors, regional experience or practice usually prevails. The failure to perform an subsoil investigation can cause problems in the building, such as excessive differential settlements, or even compromise the security of the structure.

Thus, simpler and lower cost techniques, such as testing with DPL (*Dynamic Probing Light*), small manual equipment that is intended for field surveys and whose use is still recent and unusual in Brazil, may be an option for situations of small loads, enabling projects based on *in situ* tests. This technique can also be an option for confirming the geotechnical characteristics of the subsoil in execution of surface foundations. Starting from investigations with the DPL and SPT, this work aims to study and propose a correlation between the parameters obtained with the SPT ( $N_{30}$ ) and DPL ( $N_{10}$ ) tests for sand layer in wind farm, located in Fortaleza, Ceará. A satisfactory correlation was identified between the analyzed parameters, considering the best adjustment of the trend line obtained in relation to the point cloud, supported, also, on the satisfactory value of the correlation or determination index ( $R^2$ ).

**KEYWORDS:** *Dynamic Probing Light, Standard Penetration Test, Subsoil Investigation.*

## 1 | INTRODUÇÃO

Para que o processo de construção de uma edificação seja considerado seguro, inúmeros fatores devem ser considerados, como aspectos estruturais responsáveis pela estabilidade e sustentação da edificação e, conseqüentemente, pela integridade dos seres humanos que dessa edificação fazem uso. Sendo assim, conceitos e métodos de engenharia são aplicados ainda na fase de projetos para garantir um resultado satisfatório.

Nesse contexto, constitui-se de extrema importância a execução de investigações do subsolo, como forma de conhecer e determinar parâmetros que fornecerão uma perspectiva do comportamento que o solo apresentará ao receber os esforços vindos da edificação. O solo, segundo Cintra *et al.* (2013), pode ser considerado, diferentemente do concreto e do aço, um material natural, sem controle para atender às características especificadas e que, assim, pode apresentar variedade de composição e em seu comportamento quando submetido a cargas.

Levando em consideração a complexidade apresentada pelo solo, Terzaghi e Peck (1967) advertem que um projeto de fundação não pode ser feito de maneira satisfatória sem que o projetista tenha, ao menos, um conhecimento razoavelmente preciso das propriedades dos solos envolvidos. O conhecimento das condições do subsolo em um terreno é requisito para um projeto econômico dos elementos de fundação.

Do ponto de vista econômico, Bowles (1996) sugere que a realização de processos de investigação do subsolo evita gastos adicionais à construção, uma vez que o projetista terá informações suficientes para a correta elaboração do projeto, adequando-o ao tipo de solo específico, evitando, assim, gasto decorrentes da descoberta tardia de que a fundação, já executada ou em processo de execução, encontrase com as configurações incompatíveis com as necessidades.

Bowles (1996) sugere que para a implantação de uma nova obra, a investigação deve fornecer informações para determinar o tipo de fundação a ser adotada, informações que possibilitem que o consultor geotécnico faça uma recomendação sobre a carga admissível da fundação, identificação de possíveis problemas relativos à propriedade vizinha, ensaios

de laboratório suficientes para realizar previsões de recalque, localização do nível do lençol freático, identificação de problemas ambientais e suas soluções, entre outros.

### 1.1 Standard Penetration Test (SPT)

*Standard Penetration Test (SPT)*, segundo Cintra *et al.* (2013), é o ensaio mais utilizado em projetos de fundação do Brasil e, por muitas vezes, o único a ser realizado. O SPT é um ensaio de penetração dinâmica composto na realização de três etapas: perfuração, amostragem e ensaio penetrométrico. As etapas de amostragem e de ensaio penetrométrico são realizadas simultaneamente, enquanto a perfuração é alternada com as outras duas etapas em cada metro de sondagem.

De acordo com ABNT (2001), o ensaio consiste basicamente na cravação de um amostrador padronizado, por meio de golpes de 65 kgf caindo de uma altura de 75 cm. Registra-se o número de golpes necessários para cravar os 45 cm do amostrador em três contagens parciais para cada 15 cm. Em cada metro de sondagem, portanto, consegue-se obter o índice de resistência à penetração ( $N_{SPT}$  ou  $N_{30}$ ) que equivale à soma do número de golpes dos últimos 30 cm de penetração do amostrador (Figura 1). Ao realizar-se o ensaio SPT, busca-se determinar as camadas de solo em suas respectivas profundidades, a posição do nível d'água e os índices de resistência à penetração a cada metro.

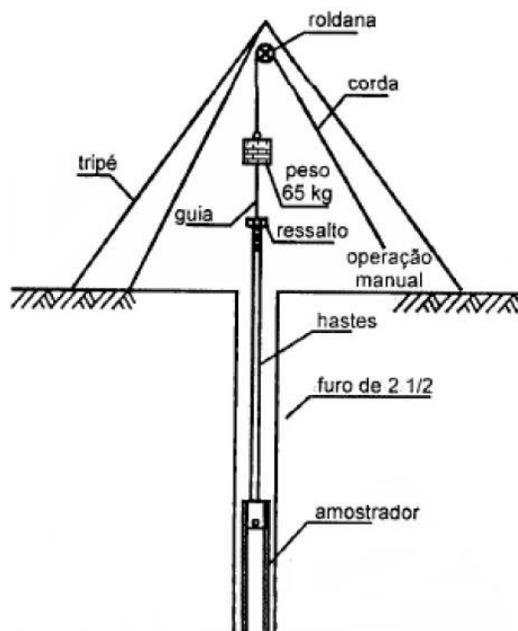


Figura 1 – Vista dos elementos constituintes do ensaio SPT

Fonte: Schnaid (2000).

## 1.2 *Dynamic Probing Light (DPL)*

O ensaio DPL (*Dynamic Probing Light*), ou Penetrômetro Dinâmico Leve, é, de acordo com Passos (2005), um equipamento manual de pequeno porte, projetado para uso em sondagens in situ que é, essencialmente, utilizado em solos não coesivos.

Semelhante ao SPT, o ensaio de DPL consiste em registrar a quantidade de golpes aplicados para cravar uma ponteira em forma de cone por meio da queda livre de um martelo com massa de 10 kg caindo de uma altura de 50 cm. A resistência à penetração ( $N_{10}$ ) é definida como o número de batidas necessário para penetrar o cone (penetrômetro) ao longo de 10 cm.

Mota (2003) afirma que as características geométricas e o peso do material são especificados por DIN (1991), enquanto ISSMFE (1989) define metodologia do ensaio. Os ensaios, segundo Nilsson (2011), devem ser iniciados pela realização de um furo de diâmetro 15 cm a uma profundidade de 30 cm. Feito o furo, insere-se uma haste, com a ponteira montada, na plataforma niveladora, pondo, em seguida, este conjunto no furo, com a ponteira posicionada verticalmente em relação ao solo.

Após o posicionamento adequado de uma haste com a ponteira montada, a plataforma e a haste são niveladas. Parte-se, na sequência, para a execução, parafusando o conjunto batente/guia na haste com o auxílio de operários. O martelo é levantado e deixado cair livremente 50 cm – esse procedimento é repetido enquanto as hastes descem, até que a parte inferior do batente esteja a 10 cm da plataforma niveladora cilíndrica. A quantidade de golpes necessária para a penetração de cada 10 cm da haste é registrada. Remove-se o martelo e o batente é desparafusado.

Logo em seguida, há a opção de, com auxílio de um torquímetro, obter o momento de torque máximo e residual entre a ponteira e o solo. O ensaio continua no mesmo ciclo, acrescentando uma nova haste, batente e guia e martelo, repetindo o procedimento de penetração. A figura 2 apresenta a disposição do equipamento.

Realizado o ensaio, obtém-se, entre outros, a quantidade de golpes necessária para a cravação de 10 cm da haste – a resistência à penetração ( $N_{10}$ ). Uma vez que este procedimento de sondagem não utiliza água para a penetração, é possível verificar, ainda, de forma clara, o nível da água na retirada das hastes.

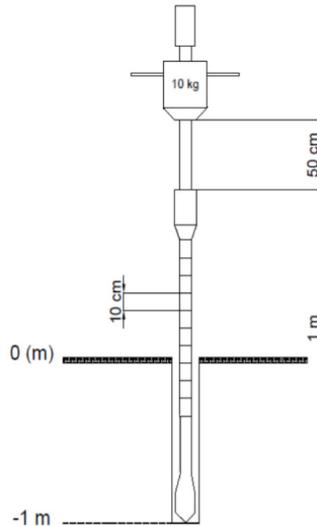


Figura 2 – Vista do equipamento de sondagem DPL

Fonte: Matos (2015).

### 1.3 Correlações entre $N_{10}$ e $N_{30}$

Tendo em vista a supremacia da utilização do SPT como forma de investigação do subsolo perante às outras sondagens, bem como a diversidade de métodos de dimensionamento de fundações que partem de seus resultados, algumas propostas de correlação entre os resultados obtidos com o ensaio com o DPL ( $N_{10}$ ) e com o SPT ( $N_{30}$ ) foram realizadas.

DIN (2003) sugere uma correlação para solos granulares acima do nível d'água, quando  $3 \leq N_{10} \leq 50$ , conforme Equação 1.

$$N_{30} = 1,4N_{10} \quad (1)$$

DIN (2003) propõe uma correlação, conforme Equação 2, para solos finos de baixa e média plasticidade acima do nível d'água quando  $2 \leq N_{10} \leq 30$ .

$$N_{30} = 0,6N_{10} \quad (2)$$

Matos (2015), para areias siltosas, com ensaio realizado no campo experimental da Universidade de Fortaleza (UNIFOR), chegou à correlação da Equação 3.

$$N_{30} = 0,6N_{10} - 7,6 \quad (3)$$

Sanchez et al. (2010), correlacionou  $N_{30}$  e  $N_{10}$ , de três maneiras distintas, encontrando as respectivas correlações para solo arenoso. Para a correlação entre  $N_{30}$  e a média entre os todos os valores de  $N_{10}$  obtidos em cada metro, tem-se conforme Equação 4.

$$N_{30} = 0,5933N_{10} + 0,3755 \quad (4)$$

Para a correlação entre  $N_{30}$  e a média entre os valores de  $N_{10}$  obtidos nos últimos 30 cm de cada metro, tem-se a Equação 5.

$$N_{30} = 0,6062N_{10} + 0,3644 \quad (5)$$

Por fim, para a correlação entre  $N_{30}$  e a soma dos valores de  $N_{10}$  obtidos na penetração dos últimos 30 cm da haste em cada metro, tem-se a Equação 6.

$$N_{30} = 0,1972N_{10} + 1,6854 \quad (6)$$

Nilsson (2004), ainda, apresenta uma quantidade considerável de correlações entre os parâmetros advindos do SPT e do DPL, porém essas expressões se caracterizam como específicas de cada região onde o ensaio foi realizado.

## 2 | METODOLOGIA

Foram realizados 3 ensaios SPT e a mesma quantidade de ensaios DPL, estes dispostos ao lado dos furos para sondagem SPT, em camada de areia de depósito eólico localizado no nordeste da cidade de Fortaleza. Partindo dos resultados obtidos nas sondagens SPT e DPL, determinou-se, por regressão linear simples, a equação que propõe uma correlação entre os parâmetros dos dois ensaios.

Para isso, os valores de  $N_{30}$  obtidos foram comparados com a média dos golpes  $N_{10}$  na faixa de influência do SPT, ou seja, no comprimento em que se estima o número de batidas necessário para penetrar os últimos 30 cm do amostrador.

Dessa forma, considerou-se a média dessas medidas para cada metro de sondagem. Por exemplo, supondo a realização de um ensaio SPT iniciado na cota de 1 m até a profundidade de 1,45 m, o valor de  $N_{10}$  a ser considerado para a correlação será a média das medidas obtidas nas profundidades de 1,20 m e 1,30 m.

## 3 | RESULTADOS

Para a determinação da correlação entre os parâmetros obtidos com o ensaio DPL e SPT, levou-se em consideração os valores da Tabela 1.

Profundidade (m)	$N_{30}$	$N_{10}$ médio	Tipo de solo
1	7	41	Areia fina
2	15	79	Areia siltosa
3	34	98	Areia siltosa
4	11	147	Areia siltosa
5	8	190	Areia siltosa

Com esse conjunto de dados, elaborou-se uma linha de tendência que possibilitou definir o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e a equação de correlação entre os valores  $N_{30}$  e  $N_{10}$  (Figura 3). Para a determinação da equação de correlação, destacou-se o melhor ajuste da linha de tendência em relação à nuvem de pontos obtidas a partir do ensaio, amparando-se, ainda, no coeficiente de determinação satisfatório encontrado ( $R^2 = 0,81$ ).

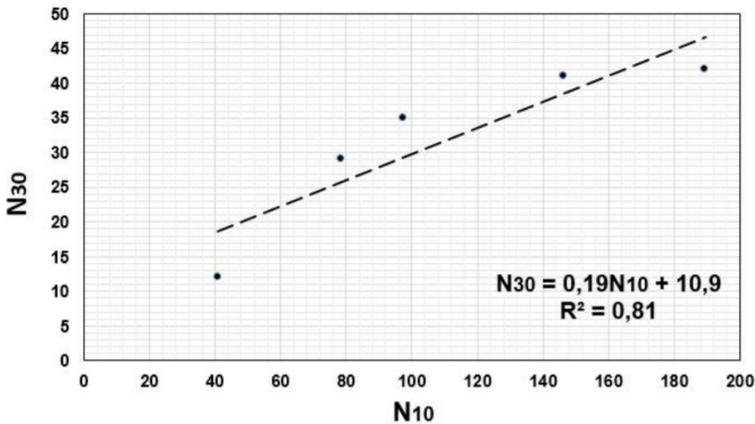


Figura 3 – Equação de correlação entre  $N_{30}$  e  $N_{10}$

Fonte: Prado (2016).

Vale salientar que a correlação foi obtida a partir de cinco pontos como dados de entrada, podendo ser melhor ajustada para uma quantidade maior de resultados, permitindo, assim, sua validação por meio de novos estudos.

## 4 | CONCLUSÃO

Identificou-se uma correlação satisfatória entre os parâmetros obtidos nos ensaios SPT e DPL para o tipo de solo analisado, com um coeficiente de determinação pertinente ( $R^2 = 0,81$ ). Salienta-se que deve ainda ser validada, em novos estudos, para verificação de aplicabilidade em larga escala.

Acredita-se que a partir dessa correlação e de futuras validações o DPL pode ser uma alternativa pertinente, em termos técnicos e, possivelmente, econômicos, para projetos de fundações, já que sua utilização se configura como alternativa à sondagem SPT, especialmente em obras de pequeno porte. Sugere-se a realização de estudos sobre a viabilidade econômica do ensaio DPL, além da melhoria da correlação proposta levando em conta mais dados de entrada para ajuste, afim de reforçar sua funcionalidade.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: **Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

BOWLES, J. E. **Foundation analysis and design**. New York: McGraw-Hill, 1996.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, N.; TSUHA, C. H. C.; GIACHETI, H. L. **Fundações: Ensaios estáticos e dinâmicos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN 4094: **Erkundung und Untersuchung des Baugrunds**. Berlin: Beuth, 1991.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN 1054: **Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau**. Berlin: Beuth, 2003.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND FOUNDATIONS ENGINEERING. **Report of the ISSMFE technical committee on penetration testing of soils – TC 16 with reference test procedures: International reference test procedure for dynamic probing (DP)**. Linköping: Swedish Geotechnical Society, 49 p., 1989.

MATOS, Y. M. C. **Verificação da Aplicação de Sondagens com o Penetrômetro Dinâmico Leve (DPL) em Projetos de Fundações para Pequenas Edificações**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil). Universidade de Fortaleza, 76 f. Fortaleza. 2015.

MOTA, N. M. B. **Ensaios avançados de campo na argila porosa de Brasília: interpretação e aplicação em projetos de fundação**. Tese (Doutorado) – Curso de Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, 335 f. Brasília, 2003.

NILSSON, T. U. **Comparações entre DPL NILSSON e SPT**. IV Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul (GEOSUL). Anais... pp. 61-68. Curitiba, 2004.

NILSSON, T. U. **Penetrômetros Dinâmicos em Projetos Rodoviários**. 13º Congresso Brasileiro de Geologia e de Engenharia Ambiental. São Paulo, 2011.

PASSOS, P. G. O. **Melhoramento de solos arenosos com estacas de areia e brita**. Tese (Doutorado) – Curso de Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, 141 f. Brasília, 2005.

PRADO, S. C.; MENDES, G. C. M.; RODRIGUES, E. S. F. AGUIAR, M. F. P. **Estudo da Correlação entre DPL e SPT para Camada de Areia em Depósito Eólico de Fortaleza**. XXII Encontro de Iniciação à Pesquisa. Universidade de Fortaleza. Fortaleza, 2016

SCHNAID, F. **Ensaios de campo e suas aplicações à engenharia de fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

SANCHEZ, P. F. et al. **Estudo da Viabilidade do Uso do Penetrômetro Dinâmico Leve (DPL) para Projetos de Fundações de Linhas de Transmissão em Solos do Estado do Paraná**. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2010, Gramado. Anais... pp. 1-8. Gramado, 2010.

# CAPÍTULO 9

## DENSIDADE E SUCESSÃO ECOLÓGICA DAS ÁREAS CILIARES NA MICROBACIA URBANIZADA DO MUNICÍPIO DE GURUPI-TO

Data de aceite: 04/01/2021

### **Marcos Vinicius Cardoso Silva**

Universidade Federal do Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0003-4507-0961>  
Gurupi-TO

### **Asafe Santa Bárbara Gomes**

Secretaria Municipal de Meio Ambiente,  
Prefeitura Municipal de Gurupi-TO,  
Gestão Ambiental e geoprocessamento  
<http://lattes.cnpq.br/1399766694437901>  
Gurupi-TO

### **Maria Cristina Bueno Coelho**

Universidade Federal do Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0003-0409-0624>  
Gurupi-TO

### **Nelita Gonçalves Faria de Bessa**

Universidade UNIRG  
<https://orcid.org/000-0002-0492-0686>  
Gurupi-TO

### **Juliana Barilli**

Universidade Federal do Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0002-2724-4254>  
Gurupi-TO

### **Marcos Vinicius Giongo Alves**

Programa de Pós-graduação em Ciências  
Florestais e Ambientais  
Universidade Federal do Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0003-1613-6167>  
Gurupi-TO

### **Maurilio Antonio Varavallo**

Universidade Federal do Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0002-9113-296X>  
Gurupi-TO

### **Mauro Luiz Erpen**

<https://orcid.org/0000-0002-5144-6665>  
Gurupi-TO

### **Yandro Santa Brigida Ataíde**

Universidade Federal do Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0002-7593-353X>  
Gurupi-TO

### **Mathaus Messias Coimbra Limeira**

Universidade Federal do Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0002-3061-6004>  
Gurupi-TO

**RESUMO:** Ter um sistema hídrico em torno de uma cidade livre de desmatamento e poluição, nos dias atuais é uma luta constante, fatos estes que ocasionam a contaminação das águas, assoreamentos, perda da fauna e a devastação das matas ciliares, que é a grande preocupação da comunidade e sociedade civil. O objetivo foi classificar a vegetação arbórea em grupos ecológicos, densidade e caracterizar a fase de sucessão nos cinco córregos que compõe a microbacia urbanizada do município de Gurupi-TO. Estes parâmetros serviram para estudar a diversidade, riqueza e produtividade para garantir o fluxo contínuo desses recursos de forma manejada. Os dados foram obtidos a partir da realização de inventário sistemático temporário com parcelas múltiplas (dimensões de 10 m x

50 m (500 m<sup>2</sup>), distribuídas a partir de uma parcela inicial demarcada às margens de cada córrego próximo a nascente. As variáveis foram: Ht (altura total em m), CAP (circunferência à altura do peito) com valores  $\geq 15$  cm medido com fita métrica de precisão em centímetros. A estratificação arbórea foi determinada tomando-se como referência a classificação da IUFRO. As categorias sucessionais foram determinadas de acordo com Budowski (1965). Com base na obtenção dos DAP e das Ht, foi feita a distribuição de frequência usando a metodologia de Sturges (1926). A densidade em todos os córregos apresenta-se baixa. Todos apresenta-se em fase inicial do desenvolvimento sucessional. A distribuição diamétrica demonstra características de ambiente secundário, em que a maior frequência de indivíduos se encontra nas classes de diâmetros menores.

**PALAVRAS-CHAVES:** Grupos ecológicos, córregos, diversidade.

## DENSITY AND ECOLOGICAL SUCCESSION OF CILIARY AREAS IN THE URBANIZED MICROBACY OF THE CITY OF GURUPI-TO

**ABSTRACT:** Having a water system around a city free of deforestation and pollution, nowadays is a constant struggle, facts that cause water contamination, siltation, loss of fauna and the devastation of riparian forests, which is the great community and civil society concern. The objective was to classify the tree vegetation in ecological groups, density and to characterize the succession phase in the five streams that make up the urbanized watershed in the municipality of Gurupi-TO. These parameters were used to study diversity, wealth and productivity to ensure the continuous flow of these resources in a managed manner. The data were obtained from a temporary systematic inventory with multiple plots (dimensions of 10 mx 50 m (500 m<sup>2</sup>), distributed from an initial plot demarcated at the margins of each stream near the source. The variables were: Ht ( total height in m), CAP (circumference at chest height) with values  $\geq 15$  cm measured with a precision tape measure in centimeters, the tree stratification was determined using the IUFRO classification as a reference. The successional categories were determined according to with Budowski (1965). Based on obtaining DAP and Ht, frequency distribution was done using the methodology of Sturges (1926). The density in all streams is low. diametric distribution shows characteristics of secondary environment, in which the highest frequency of individuals is found in the smaller diameter classes.

**KEYWORDS:** Ecological groups, streams, diversity.

## 1 | INTRODUÇÃO

As microbacias hidrográficas possuem características ecológicas, geomorfológicas e sociais integradoras, o que possibilita uma abordagem holística e participativa, constituindo uma unidade ideal de planejamento integrado do manejo dos recursos naturais do meio ambiente. Diante das problemáticas de uma microbacia urbanizada, torna-se necessária a utilização de ferramentas para investigação que envolvam análises integradas dos processos atuantes (Rosin et. al. ,2014). A Bacia do Rio Santo Antônio apresenta área de 3.057,4 Km<sup>2</sup>, perfazendo 1,1% da bacia do Rio Tocantins. Nesta estão inseridos os córregos Mutuca, Água Franca, Pouso do Meio I e Pouso do Meio II e Dois Irmãos que compõe

a microbacia urbanizada do município de Gurupi-TO. A ocupação desta está voltada à instalação de pequenos grupos familiares próximos aos mananciais e aos investimentos de caráter econômico, como a construção da BR-153, no caso dos municípios de Gurupi, Cariri do Tocantins e Figueirópolis, que tem seus nascedouros ligados à sua construção, marco do surgimento e desenvolvimento de muitas outras cidades ao longo de sua extensão no antigo norte goiano. Apresenta-se ainda na abrangência direta dos municípios da região sul do estado que abrangem o empreendimento da ferrovia norte sul.

A presença da vegetação ciliar é imprescindível na preservação da biodiversidade, na proteção dos recursos hídricos e da fertilidade do solo. Segundo Attanasio et al. (2006) a vegetação ciliar também é extremamente importante para a preservação da biodiversidade, pois ela cumpre o papel de corredor ecológico: abriga e permite o deslocamento da fauna e da flora. No que tange a Kageyama (2010) a preservação da biodiversidade nativa tem efeito benéfico de equilíbrio do ecossistema e pode ser importante para garantir bons resultados do que é cultivado em áreas agrícolas e também para a pecuária.

A classificação das espécies em grupos ecológicos é ferramenta essencial para a compreensão da sucessão ecológica. A grande plasticidade apresentada pelas espécies dificulta a determinação dos critérios de classificação. Segundo Budowski (1965), as espécies pioneiras e secundárias iniciais são encontradas em áreas com condições climáticas e edáficas muito diferentes, o que lhes propicia ampla distribuição geográfica. Em florestas fechadas não perturbadas ou em estádios sucessionais mais avançados, o recrutamento dessas espécies está condicionado ao surgimento de clareiras. As espécies secundárias tardias têm como característica mais importante a deciduidade, que ocorre inclusive em áreas de alta pluviosidade (Budowski 1965).

Este trabalho teve como objetivos classificar a vegetação arbórea em grupos ecológicos, densidade e caracterizar a fase de sucessão do estande nos cinco córregos que compõe a microbacia urbanizada do município de Gurupi-TO. Estes parâmetros servirão para estudar a diversidade, riqueza e produtividade para que se viabilize a exploração de seus produtos, bens e/ou serviços, para garantir o fluxo contínuo desses recursos de forma manejada.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O Município de Gurupi está localizado na Mesoregião Ocidental ao centro sul do Estado do Tocantins entre as coordenadas 11°43'45"S e 49°04'07"W, com altitude de 287m sendo a sede da 10ª Região Administrativa do Estado. Está localizado a 245 km da capital do Estado do Tocantins (Palmas), e a 742 km de Brasília-DF. Fica no limite divisório de águas dos rios Araguaia e Tocantins, às margens da BR-153, no quilômetro 663 no sentido Brasília a Belém; entre os Paralelos 11 e 12. A área de estudo foram as APP's (Áreas de preservação permanente) dos córregos que compreendem a microbacia urbanizada deste

município, sendo eles: Água Franca, Dois Irmãos, Mutuca, Pouso do Meio I e Pouso do Meio II.

O clima desta região segundo Koppen (Koppen & Geiger, 1928) é quente e úmido durante todo o ano, com período chuvoso entre os meses de Outubro a Abril e estiagem entre os meses de Maio a Setembro. A temperatura média anual varia entre a mínima de 12° e a máxima de 30° C, nos meses mais quentes do ano chega a 42°C à luz do dia.

Os solos da região são classificados como argissolos, que normalmente são de grande significado agrícola. São solos muito profundos, porosos, em permeáveis-mesmo quando muito argiloso, permeáveis, situados em relevo plano, com declividades que raramente ultrapassam 3% (Sano et al., 2008).

Os dados foram obtidos a partir da realização de inventário sistemático temporário, em áreas ciliares com tamanho total de 1,428 km<sup>2</sup> (somatório das APP<sup>s</sup> dos cinco córregos). O método de amostragem utilizado foi o de parcelas múltiplas, distribuídas a partir de uma parcela inicial demarcada às margens de cada córrego próximo a nascente. A partir desta parcela foram medidas as próximas, de forma sistemática sendo o total amostrado regulado pela curva do coletor (Oosting, 1951) para cada córrego. As parcelas amostrais tiveram as dimensões de 10 m x 50 m (500 m<sup>2</sup>) cada, em foram alocadas em toda extensão de cada um dos cinco córregos.

As características biométricas para análise foram a altura total medida em metros com auxílio de clinômetro digital modelo EC2, CAP (circunferência à altura do peito considerado 1,30 m do solo) com valores  $\geq 15$  cm medido com fita métrica de precisão em centímetros e após convertido em DAP (diâmetro à altura do peito).

A estratificação arbórea foi determinada tomando-se como referência o critério da verticalidade da classificação da IUFRO (Lamprecht, 1990). As categorias sucessionais foram determinadas de acordo com Budowski (1965) em: pioneira, secundária e clímax. Com base na obtenção dos diâmetros à altura do peito e das alturas totais, foi feita a distribuição de frequência usando a metodologia de Sturges (1926) para posterior elaboração dos histogramas.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na determinação da estatística descritiva podemos observar que o CV % para todos os córregos apresentaram variação média a alta de acordo com a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980), de baixa para  $CV < 12\%$ ; média de  $12\% < CV < 60\%$  e alta para  $CV > 60\%$ . Sendo a maior variação para DAP justificada pela maior amplitude de seus dados.

Variáveis	Estatísticas	AF	DI	MUT	PM 1	PM 2
DAP	Erro padrão (cm)	0,47	0,88	0,59	1,10	2,41
	Mediana (cm)	12,73	18,46	15,92	20,05	20,05
	Moda (cm)	9,55	14,96	12,73	18,14	8,91
	Desvio padrão (cm)	11,78	15,00	13,99	19,24	25,62
	Variância da amostra	138,48	224,12	195,44	368,86	656,46
	CV %	65,67	62,06	67,65	75,98	84,22
	Amplitude (cm)	89,13	97,23	102,81	120,32	656,46
	Soma	10318,05	6960,93	11580,75	7799,65	123,00
Ht	Erro padrão	0,14	0,19	0,11	0,20	0,29
	Mediana (m)	6,5	6,5	3,5	7	6,5
	Modo (m)	8	7	2	7	5,5
	Desvio padrão	3,65	3,28	2,80	3,63	3,09
	Variância da amostra	13,39	10,79	7,87	13,21	9,56
	CV(%)	51,46	47,31	66,92	47,85	40,34
	Amplitude (m)	22	19	17,5	19,5	12,5
	Soma	4380,5	2000	2348,14	2340	866,5
Contagem	616	288	560	308	113	
Densidade (ha)	513,33	519,6	1018,1	496,77	282,50	

Tabela 1: Estatística descritiva das variáveis DAP (cm) e Ht (m) dos córregos que compõem a micro bacia urbanizada do município de Gurupi – TO

Table 1: Descriptive statistics of the variables DAP (cm) and Ht (m) of the streams that compose the urbanized micro basin of Gurupi - TO

Pode-se determinar que o córrego Água Franca é o que possui maior extensão dentro do município e também o que apresenta o maior número de espécies e de famílias botânicas. O mesmo é seguido pelo Mutuca, Dois irmãos e Pouso do meio I (Tabela 2). Esse estudo foi capaz de diagnosticar o progresso da sucessão ecológica na área. Finegan (1984) afirma que o termo sucessão é utilizado para descrever vários tipos de mudanças na vegetação em diferentes escalas extremamente abrangentes tanto em espaço quanto em tempo. Dessa forma, o autor define que sucessão é a mudança direcional da composição de espécies e da fisionomia da vegetação ao longo do tempo, em local onde o clima permanece efetivamente constante.

Dessa maneira, levando em consideração os parâmetros mencionados e fazendo uma análise da tabela 1, a região da micro bacia do Rio Santo Antônio está classificada em sucessão secundária, e em constante desenvolvimento. A sucessão secundária pode ser definida como uma área que se encontra em um gradual processo de evolução até

estabelecer um equilíbrio. O diâmetro médio coletado nos córregos segue um padrão, onde a predominância foi de diâmetros acima de 20cm apenas os córregos Água Franca e Mutuca tiveram média de diâmetro inferior a esse valor. A variável altura teve uma média entre os córregos de valores próximos a 7m.

Córrego	Larg. (Km)	DAP (cm)			Ht (m)			Den.	Esp.	Fam.	N	APP (km <sup>2</sup> )
		Méd.	Max.	Min.	Méd.	Max.	Min.					
AF	12	5,33	30,39	2,02	7,10	23,00	1,00	513	66	40	44352	0,720
DI	3	24,31	69,48	6,68	6,94	20,00	1,00	230	46	22	5184	0,180
MUT	5	6,58	33,74	1,01	4,51	50,00	1,00	1018	54	32	16800	0,300
PM1	2.9	27,48	133,28	7,01	7,48	22,00	2,50	228	36	19	5359	0,174
PM2	0.9	27,44	115,43	7,34	7,66	15,00	2,50	283	15	11	610	0,054

Em que: AF =córrego Água Franca; DI = córrego dois Irmãos; MUT= córrego Mutuca; PM1 = Córrego Pouso do Meio 1; PM2 =córrego Pouso do Meio 2; Larg. = Largura; Den. = densidade; Esp. = Espaçamento; Fam. = Família; N = número de árvores na área total de APP de cada córrego e APP = área de preservação permanente.

Tabela 2: Quantidade de espécie, número de indivíduos, quantidade de famílias, densidade dos córregos Água Franca, Dois Irmãos, Mutuca, Pouso do Meio I e Pouso do Meio II da bacia urbanizada dos rios Santo Antônio e Santa Tereza.

*Table 2: Number of species, number of individuals, number of families, density of Água Franca, Dois Irmãos, Mutuca, Pouso do Meio I and Pouso do Meio II streams of the urbanized basin of the Santo Antônio and Santa Tereza rivers.*

Na estrutura vertical (Figura 1), em todos os córregos as árvores classificadas como secundárias estão em maior valor relativo (de 70 a 79 %) seguidas das pioneiras (13 a 20%) e das clímax (2 a 14%). Considerando a baixa representatividade florística das espécies pioneiras e o número de secundárias, observa-se uma relação que identifica estágio intermediário no tocante ao desenvolvimento sucessional da floresta. Nesse caso, a maior influência foi exercida pelas espécies secundárias presentes com relativa importância. Já as espécies pioneiras parecem estar, em sua maioria, restritas a clareiras formadas por quedas de galhos ou de árvores isoladas, processo natural dentro da dinâmica do desenvolvimento da floresta.

Para definir em que estágio de desenvolvimento se encontra a sucessão ecológica na área é preciso levar em consideração algumas características de cada estágio de desenvolvimento, porém é necessário analisar a área como um todo para ter sua classificação final. As principais características utilizadas para definição dos estágios de sucessão ecológica (pioneiro, secundárias, clímax) de um fragmento florestal, com base na Resolução conjunta SMA /IBAMA nº 001/94 e na Resolução CONAMA nº 001/94, são:

fisionomia, número de estratos arbóreos, altura das árvores, diâmetro à altura do peito (DAP), presença de trepadeiras, serapilheira, sub-bosque e diversidade de espécies.

Segundo Nunes et al. (2003), áreas que sofreram perturbações mais severas no passado possuem maiores densidades de árvores finas e baixas, caracterizando estágio de regeneração inicial, já setores que sofreram distúrbios mais leves no passado apresentam maior densidade de árvores altas e grossas, indicando estágio regenerativo mais avançado.

Apesar do trecho de mata ciliar estudado apresentar predominância de árvores baixas e finas, destacaram-se espécies e indivíduos com elevada altura e diâmetro, sugerindo uma comunidade estruturada em fase de regeneração avançada. As formações florestais associadas a cursos d'água, caracterizadas como áreas de preservação permanente são amplamente protegidas pela Legislação Ambiental Brasileira (Lei n. 4.771/65, alterada pela Lei n. 7.803/89) que estabelece exigências diferenciadas para a cobertura vegetal destinada a proteger nascentes, margens de rios, córregos, lagos e reservatórios de água.

Na figura 1 pode-se observar que as distribuições diamétricas dos córregos que compõe a microbacia urbanizada do município de Gurupi-TO, dos grupos ecológicos (pioneiras, secundárias e clímax), apresentam forma de “J” reverso, de acordo com a descrição feita por Meyer (1952). Segundo esse autor, a distribuição diamétrica em florestas inequiliâneas tendem a formar um “J” reverso, estando o maior número de indivíduos dispostos nas menores classes, reduzindo gradativamente em direção às maiores. As distribuições apresentaram-se desbalanceadas, ou seja, a razão entre o número de indivíduos de classes subseqüentes não é constante (Liocourt 1898 apud Meyer 1952). Simultaneamente todos os córregos apresentaram 50% dos indivíduos vivos possuindo diâmetros inferiores a 35 cm e pertencentes ao grupo ecológico das pioneiras .

A quantidade de espécies pioneiras e secundárias nas áreas estudadas era esperada, pois esse grupo possui capacidade de colonização, principalmente pela elevada produção de sementes e eficientes mecanismos de dispersão, fatores que explicam o predomínio dessas espécies em áreas perturbadas (Putz, 1983). Segundo Rodrigues e Gandolfi (2001) as espécies pioneiras facilitam a sucessão, mantendo grande interação com a fauna que visita a copa das árvores como local de alimentação e abrigo, atuando como polinizadores e/ou dispersores. Esses resultados demonstram a importância dessas espécies para a microbacia em função de sua maior ou menor contribuição para a estruturação da comunidade.

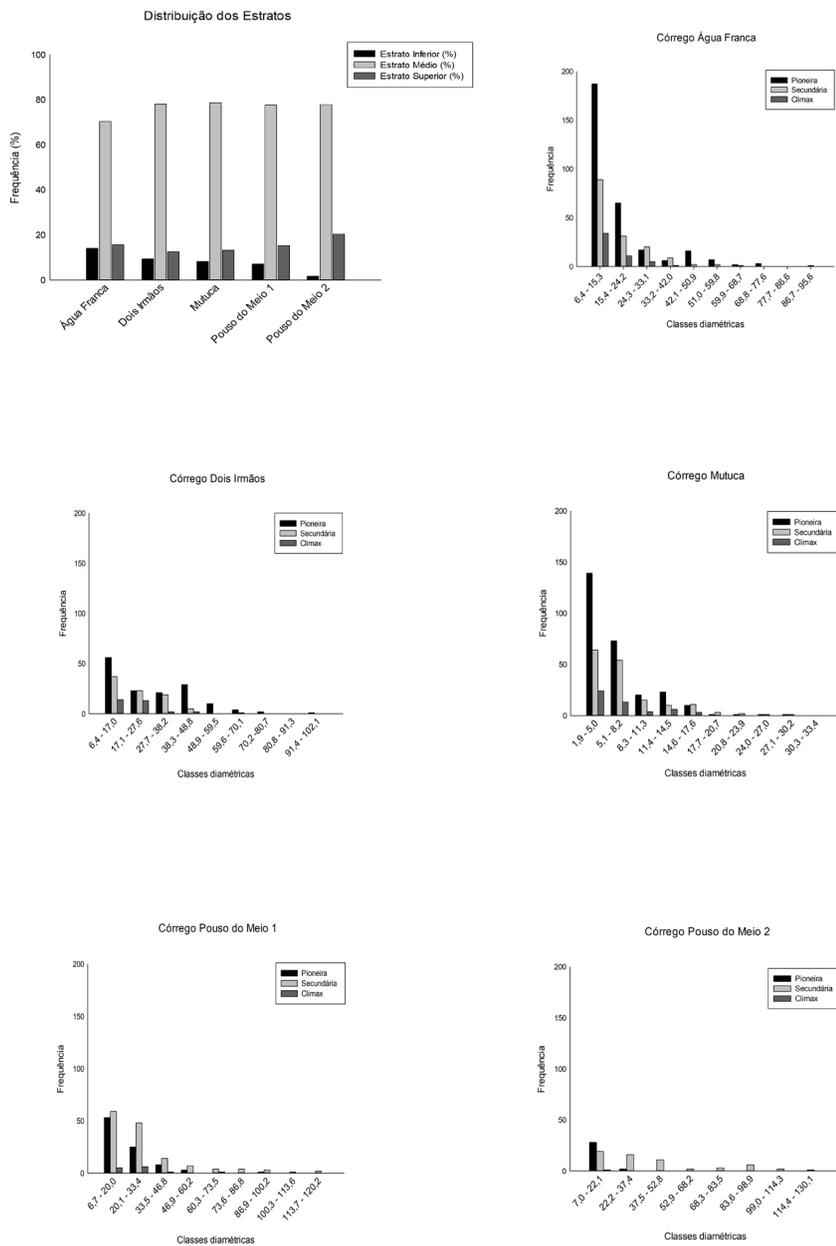


Figura 1: Distribuição do número de indivíduos por estrato, por grupo ecológico para os córregos que compõe a microbacia urbanizada do município de Gurupi-TO.

Figure 1: Distribution of the number of individuals per stratum by ecological group for the streams that make up the urbanized watershed of Gurupi-TO.

## 4 | CONCLUSÕES

A densidade em todos os córregos apresenta-se baixa quando comparado outras áreas de mesma fitofisionomia, sendo e que o maior percentual se encontra nos indivíduos de pequeno porte ( $DAP \leq 10$  cm em 45,6 % das árvores) e baixas (44,64 % das árvores  $\leq 7,5$  m), indicando a ocorrência de austeras perturbações no passado. Desta forma a distribuição diamétrica das espécies demonstra características de ambiente secundário, em que a maior frequência de indivíduos se encontra nas classes de diâmetros menores.

O formato de J-invertido encontrado em todos os córregos indica que as áreas são auto regenerativas, caso não permaneçam altamente perturbadas.

Todos os córregos apresentam-se em fase inicial do desenvolvimento sucessional, pois as espécies de início de sucessão (pioneiras + secundárias, num total de 77%) compuseram a maioria das espécies encontradas. Sendo necessário plantio com espécies nativas secundárias e climax como medida de enriquecimento da diversidade dessas áreas e do avanço da sucessão.

Esse resultado reforça a necessidade do cumprimento da legislação vigente no código florestal, a respeito da conservação das APPs associadas a cursos d'água e afloramentos de lençol freático, em que se enquadram as matas de galeria e ciliar. Atente-se ao fato de que grande parte da mata ciliar inundável que compõe a bacia.

## AGRADECIMENTOS

Projeto bacias hidrográficas convenio 01/2014 - UnirG-UFT-IFTO/Semarh-TO/FERH - TO - projeto bacias hidrográficas-comitê de bacias Hidrográficas dos Rios Santo Antônio e Santa Tereza.

## REFERÊNCIAS

Attanasio, C.M., Gandolfi, S., Rodrigues R.R. Manual de recuperação de matas ciliares para produtores rurais. São Paulo, 2006.

Budowski, G. Distribution of tropical american rain forest species in the light of sucessional processes. Turrialba, v. 15, n. 1, p. 40-42, 1965.

Finegan, B., 1984, Succession. Nature, 312: 109-115.

Kageyama, P., Y.. Área verde obrigatória pode ser útil ao produtor. O Estadão de São Paulo. Entrevista concedida a Afra Balazina, São Paulo, 2010.

Koppen, W.; Geiger, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. (Wall-map 150cmx200cm.).

Lamprecht, H. Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: Deutsche Gessells chaft für technisch Zusammenarbeti (GTZ) GmbH, 1990. 343 p.

Meyer, H. A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. *Journal of Forestry*, n.52, v.2, p.85-92, 1952.

Nunes, Y.R.F.; Mendonça, A.V.R.; Botezelli, L.; Machado, E.L.M. & Oliveira-Filho, A.T. 2003. Variações da fisionomia, diversidade e composição de guildas da comunidade arbórea em um fragmento de floresta semidecidual em Lavras, MG. *Acta Botanica Brasilica* 17(2): 213-229.

Oosting, H.J. *Ecologia vegetal*. Madrid. Ed.Aguilar, 1951. 440 p.

Rodrigues, R. R & Gandolfi, S. 2001. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: Rodrigues, R. R & Leitão-Filho, H. F. (orgs). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. EDUSP: FAPESP. São Paulo. pp. 235-247.

Rosin, C.; Silva, I. L.; Bertão, N. C.; Brum, B. R.; Luz, T. E. da. Diagnóstico ambiental da microbacia urbana do córrego Gambá, Cuiabá, MT. *Revista Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, v. 10, n. 18, p. 1236-1250. ISSN impressa: 1809-0583. ISSN on-line: 2317-2606. 2014. Disponível em: < <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014<sup>3</sup>/AGRARIAS/Diagnostico%20ambiental>

Putz, F., E. Liana biomass and leaf área of a “terra firme” forest in the Rio Negro basin, Venezuela. *Biotropica*. 15: 185-189. 1983.

Sano, E. E.; Rosa, R.; Brito, J. L. S.; Ferreira, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

Sturges, H. The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association*, v.21, n.153, p.65-66, 1926.

Warrick, A.W. & Nielsen, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed. *Applications of soil physics*. New York, Academic Press, 1980. 350p.

# CAPÍTULO 10

## ELETRODO DE GRAFITE EXTRAÍDO DE PILHA COMUM E SUA REUTILIZAÇÃO NA ELETRÓLISE DA SALMOURA

*Data de aceite: 04/01/2021*

### **Amanda Maria Barros Alves**

Centro de Ciência e Tecnologia. UECE.  
Fortaleza. Ceará. Brasil.

### **Aurelice Barbosa de Oliveira**

Centro de Ciência e Tecnologia. UECE.  
Fortaleza. Ceará. Brasil.

### **Filipe Augusto Gomes Braga**

Centro de Ciência e Tecnologia. Uece.  
Fortaleza. UECE. Fortaleza. Ceará. Brasil.

### **Marcus Raphael Souza Leitão**

Centro de Ciência e Tecnologia. UECE.  
Fortaleza. Ceará. Brasil.

**RESUMO:** Este trabalho propõe a reutilização de eletrodos de grafite extraídos de pilhas comerciais comum em aulas práticas de Química. Entendendo a importância das aulas práticas no processo de ensino aprendizagem dos alunos e a escassez de materiais e reagentes, buscou – se reutilizar um componente extraído de uma pilha comercial comum em um experimento realizado com os alunos da disciplina de Físico – Química 2 do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Estadual do Ceará. O eletrodo de grafite foi extraído pelos monitores da disciplina de Química Geral 2 e utilizado no processo de eletrólise da salmoura em uma aula prática de Físico – Química 2. Após a eletrólise realizou – se um teste para comprovar a produção de cloro. Baseando – se no experimento, foi confirmado

a produção de cloro, do hidróxido de sódio e do gás hidrogênio. Além disso, a realização do experimento contribuiu para conscientização da reutilização de materiais alternativos para suprir a carência dos laboratórios de Química.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eletrodo de grafite, Eletrólise, Reutilização, Físico-Química, Química.

### GRAPHITE ELECTRODE EXTRACTED FROM COMMON BATTERY AND ITS REUSE IN ELECTROLYSIS OF PICKLE

**ABSTRACT:** This work proposes the reuse of graphite electrodes extracted from common commercial batteries in practical chemistry classes. Understanding the importance of practical classes in the students' learning process and the scarcity of materials and reagents, this work aimed to reuse a component extracted from a common commercial pile in an experiment conducted with the students of the Physical - Chemistry discipline 2. of the Degree Course in Chemistry of the State University of Ceará. The graphite electrode was extracted by the General Chemistry 2 monitors and used in the brine electrolysis process in a Physics - Chemistry 2 practical class, as an inert electrode in the electron transfer of the reaction. After electrolysis, a test was performed to verify chlorine production. Based on the experiment, the production of chlorine, sodium hydroxide and hydrogen gas was confirmed. In addition, the experiment contributed to raise awareness of the reuse of alternative materials to meet the shortage of chemistry laboratories.

**KEYWORDS:** Graphite electrode, Electrolysis, Reuse, Physics - Chemistry, Chemistry.

## 1 | INTRODUÇÃO

As reações redox envolvem a perda e o ganho de elétrons. Os processos de transferência de elétrons podem ocorrer espontaneamente ou não. No primeiro caso, energia química é transformada em energia elétrica. No segundo caso, energia elétrica (que é fornecida por uma fonte de corrente contínua) é transformada em energia química, e esse processo é conhecido como eletrólise. Os sistemas onde ocorrem estas reações são chamados genericamente de células eletroquímicas. Mais especificamente, aqueles onde ocorrem processos espontâneos são denominados de células galvânicas e aqueles onde ocorrem processos não espontâneos são conhecidos como células eletrolíticas.

A célula eletrolítica é formada por quatro componentes: uma fonte de corrente contínua (bateria ou pilha), dois eletrodos ligados aos terminais da fonte, uma solução eletrolítica onde ficam mergulhados esses eletrodos e uma ponte salina, por onde ocorrerá o fluxo de elétrons possibilitando a reação acontecer. A transferência de carga através da solução resulta dos íons em direções opostas, onde os íons positivos vão para o cátodo e os íons negativos vão para o ânodo. Consequentemente, o ânodo é o eletrodo onde ocorre a oxidação e o cátodo é aquele onde ocorre a redução (BROWN; LEMAY; BURSTEN., 2005).

Na tecnologia de produção de cloro e soda cáustica por processo eletroquímico se obtém o gás cloro em um compartimento anódico e uma solução aquosa de hidróxido de sódio e gás hidrogênio no compartimento catódico a partir da eletrólise de uma solução aquosa de cloreto de sódio (comumente conhecida como salmoura) (VIANA *et al.*, 2018).

Uma das maiores dificuldades da realização de aulas práticas de Química é a falta de materiais e reagentes para que se obtenha uma prática produtiva e de qualidade. É notório as dificuldades de alunos do Ensino Médio e Superior em disciplinas de Ciências, principalmente a Química, em virtude da dificuldade em relacionar as teorias com o cotidiano, devido à complexidade em reconhecer no mundo macroscópico ideias relacionadas ao universo microscópico.

A importância das aulas práticas hoje em dia é extremamente popularizada, tendo em vista inúmeros livros e artigos que se preocupam com o tema, sendo fácil encontrar textos que falam sobre o assunto. Bartzik e Zander (2016) comentam:

As atividades práticas são indispensáveis para a construção do pensamento científico, por meio de estímulos ocasionados pela experimentação. Na aula teórica, o aluno recebe as informações do conteúdo por meio das explicações do professor, diferentemente de uma aula prática, pois ao ter o contato físico com o objeto de análise ele irá descobrir o sentido da atividade, o objetivo e qual o conhecimento que a aula lhe proporcionará [p. 33].

Há um aspecto experimental da Físico – Química, que pode ser um fator determinante para o sucesso de qualquer tentativa de popularização da disciplina. Experimentos de Físico – Química costumam exigir uma quantidade grande de tempo para uma correta

preparação e correto funcionamento, caso se necessite de alta precisão nas medidas. Mas, se o intuito é produzir apenas uma experiência qualitativa e com caráter puramente didático, uma exigência menor por precisão é feita e passa a ser possível desenvolver experimentos instigantes e didáticos (MARTINS *et al.*, 2009).

Existe além do interesse com o ensino, a importância da reutilização de pilhas devido ao seu crescimento comercial e seu descarte indevido, uma vez que elas são constituídas de metais pesados e altamente tóxicos, que apesar de serem essenciais para a vida podem ser prejudiciais quando em elevadas concentrações (AGOURAKIS *et al.*, 2006).

Tantos os alunos do ensino médio como os graduandos em Química, apresentam dificuldades de aprendizagem relacionadas ao ensino de eletroquímica. É nítido a presença de uma maior dificuldade dos alunos nas aulas de Físico – Química 2, dando ênfase para o conteúdo de eletroquímica, onde existem complicações conceituais e do próprio esquema de uma pilha de associar o termo redução com a diminuição ou desgaste de um eletrodo e não com ganho de elétrons, admitir que as reações de oxirredução podem ocorrer separadamente, confundir os polos positivo e negativo das pilhas, entre outros. (FREIRE *et al.*, 2011).

A disciplina de Química é considerada pelos alunos e alguns profissionais como sendo difícil e complexa. Neste sentido é de extrema importância que profissionais do ensino, principalmente de química, busque alternativas para tornar o ensino mais agradável, e as práticas são um dos maiores aliados dos professores para tais fins (SOUZA; CIRINO, 2013).

Com isso, o presente trabalho propõe a realização de uma aula prática para ser aplicada com os alunos de Físico – Química 2, reutilizando um componente extraído de pilhas comerciais visando facilitar o entendimento do conteúdo de eletrólise, vivenciando na prática o conteúdo abordado em sala de aula.

## 2 | METODOLOGIA

Com o intuito de evitar o descarte inadequado de pilhas comuns e também contribuir para a formação de profissionais capacitados para exercer a docência, esta pesquisa foi realizada pelos monitores das disciplinas de Química Geral 2 e Físico-Química 2, do curso de Licenciatura em Química da Universidade Estadual do Ceará.

No que se refere ao desenvolvimento da pesquisa, esta foi dividida em duas etapas. A primeira etapa, realizada pelos monitores da disciplina de Química Geral 2, consistiu na separação dos componentes e reagentes de uma pilha para posterior utilização em aulas práticas do curso de Química. Na segunda etapa, realizada pelos monitores da disciplina de Físico-Química 2, os eletrodos de grafite extraídos das pilhas comuns foram utilizados para a realização da aula prática Eletrólise da salmoura.

## 2.1 Extração do eletrodo de grafite da pilha comum

Com o auxílio de um alicate de ponta, iniciou o desmanche da pilha para a retirada do eletrodo de grafite, a capa de aço e o plástico que protegem e selam o copo de zinco foram removidos. Em seguida, utilizando o mesmo alicate, foi removido o polo superior da pilha, para que pudesse ter acesso a pasta e ao eletrodo de grafite. Utilizando uma espátula, retirou-se cuidadosamente a pasta úmida, até o ponto em que se conseguisse remover o eletrodo com um movimento circular, semelhante ao de um “rosqueamento”. Após a completa retirada da pasta, lavou-se o eletrodo, armazenando e etiquetando em seguida. Repetiu – se o processo nas demais pilhas (BRAGA; FREITAS; OLIVEIRA; 2018).

## 2.2 Aula prática: eletrólise da salmoura

A aula prática Eletrólise da salmoura foi executada por alunos matriculados na disciplina de Físico – Química 2 sob a supervisão da professora e monitores da disciplina. A prática foi realizada somente após às aulas teóricas sobre o processo de eletrólise para que os alunos tivessem embasamento teórico para executar e explicar os fenômenos observados.

Antes de iniciar os procedimentos da eletrólise da salmoura, os monitores preparam 250 mL de uma solução de cloreto de sódio (NaCl) e 10 mL de uma solução de iodeto de potássio (KI).

Inicialmente os alunos adicionaram a dois béqueres de 50 mL a solução de cloreto de sódio (NaCl) recém preparada e os béqueres foram devidamente enumerados. Em seguida, os discentes prepararam a ponte salina preenchendo cuidadosamente, para evitar a formação de bolhas, completamente uma mangueira plástica com uma solução de cloreto de sódio (NaCl), e fecharam as extremidades da mangueira com algodão. Logo após a preparação da ponte salina, esta foi utilizada para interligar os béqueres.

No béquer 1, os alunos adicionaram 10 gotas de fenolftaleína. Em seguida os eletrodos de grafite, obtidos a partir da extração de pilhas comerciais, foram mergulhados nos béqueres, atentando para o polo negativo (preto) ser adicionado no béquer 1 e o polo positivo (vermelho) ser adicionado no béquer 2. Os alunos deixaram o sistema em repouso por 5 minutos e observaram a ocorrência das reações.

## 2.3 Evidência da produção de cloro

Para comprovação da produção de cloro, os alunos enumeraram dois tubos de ensaio e a cada tubo adicionaram 2 mL de água destilada, 5 gotas da solução de iodeto de potássio (KI), 10 gotas de vinagre e uma ponta de espátula de amido. No tubo 1, adicionaram 1 mL de água sanitária para ser utilizada como controle e no tubo 2, adicionaram 1 mL da solução presente no béquer 2, resultante da reação da eletrólise do experimento anterior. Os alunos retiraram a amostra o mais próximo possível do eletrodo.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Extração do eletrodo de grafite da pilha comum

Após a extração dos eletrodos de grafite (Figura 1), estes foram lavados para retirar completamente resíduos de zinco e manganês presentes na pasta da pilha. Os monitores responsáveis pelo procedimento armazenaram e etiquetaram os eletrodos para posterior utilização na eletrólise da salmoura. Assim, os eletrodos apresentam-se em condições satisfatórias para sua utilização em aulas práticas de eletrólise, devido a carência destes eletrodos provenientes de fontes primárias.



Figura 1- Eletrodo de gráfito extraído da pilha comum

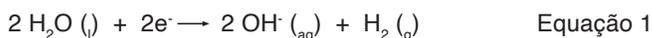
Fonte: BRAGA; FREITAS; OLIVEIRA (2018).

### 3.2 Aula prática: eletrólise da salmoura

Após a adição dos eletrodos de grafite, os alunos observaram no béquer 1 o surgimento da coloração róseo e pequenas bolhas de gás próximo ao eletrodo (Figura 2). Neste momento os alunos foram questionados sobre as possíveis explicações para os fenômenos observados. Segundo Sato (2011), nas aulas práticas deve haver uma relação entre teoria, prática e reflexão sobre os resultados obtidos.

Logo após a exposição de prováveis explicações pelos alunos, os monitores explicaram que a coloração rósea em uma solução contendo fenolftaleína indica que o meio está básico, confirmando a presença de hidróxido de sódio (NaOH) na solução. O meio

básico indica a produção de íons hidroxila, que ocorre no béquer 1 (eletrodo negativo), com a transferência de elétrons do eletrodo de grafite para as espécies químicas em solução. Neste processo a água recebe os elétrons e sofre redução, produzindo íons hidroxila e gás hidrogênio, como mostra a equação 1. Os alunos também foram incentivados a escrever as equações químicas referentes às reações que ocorreram no béquer 1. De acordo com Mortimer e Romanelli (2000), “a produção do conhecimento em Química resulta da dialética entre teoria e experimento, pensamento e realidade”.



### 3.3 Evidência da produção de cloro

Para a comprovação da produção de cloro no processo de eletrólise, foram observadas as reações ocorridas no béquer 2. No béquer 2, os estudantes observaram somente a formação de poucas bolhas de gás próximo ao eletrodo (Figura 2). Neste momento os alunos também foram questionados sobre as possíveis explicações para o fenômeno observado. “A interação do monitor com a formação dos alunos da disciplina tende a favorecer a aprendizagem cooperativa, contribuindo com a formação dos alunos e do próprio monitor” (NUNES, 2007).



Figura 2 - Eletrólise da Salmoura

Fonte: Próprio autor.

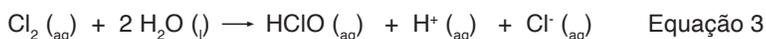
Após a exposição de prováveis explicações pelos alunos, os monitores explicaram que no béquer 2 está presente o eletrodo positivo, no qual ocorre a transferência de elétrons

das espécies químicas que estão em solução para o eletrodo de grafite. Na solução estão presente íons cloreto que ao transferir elétrons para o eletrodo ocorre a formação de gás cloro (equação 2). Apesar do cloro puro ser um gás em temperatura e pressão ambiente, ele apresenta alta solubilidade em água.

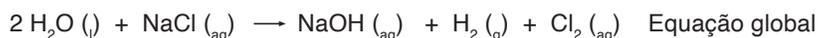


De acordo com Andrade *et al.* (2018), a monitoria acadêmica é um recurso bastante utilizado para proporcionar uma aprendizagem significativa tanto para o monitor, orientado pelo professor, quanto para os alunos.

Ainda de acordo com os monitores, “o cloro também irá reagir com água, formando ácido hipocloroso e ácido clorídrico (equação 3), formando um equilíbrio químico, na qual todas as espécies químicas estão presentes na solução ao mesmo tempo.” Os alunos novamente foram incentivados a escrever as equações químicas referentes às equações químicas referentes às reações que ocorreram no béquer 2.



Somando as equações das reações 1, 2 e 3, obtem – se a equação global da eletrólise da salmoura.



Ao adicionar água sanitária no tubo de ensaio para ser utilizado como padrão da obtenção de cloro, os discentes observaram o surgimento da cor violeta (Figura 3).

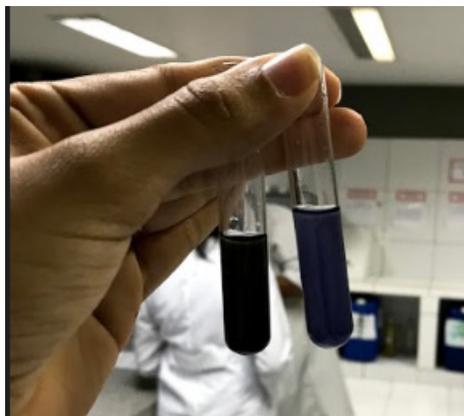


Figura 3 - Evidência da produção de cloro

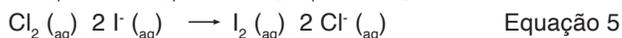
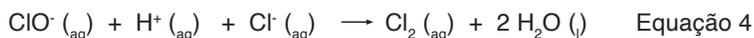
Fonte: Próprio autor.

Novamente os alunos foram questionados sobre as possíveis explicações para o fenômeno observado. Nessa Perspectiva, Natário (2001), salienta que

O monitor é um elo nas relações professor-aluno e aluno-aluno, tornando-se um eficiente colaborador na aprendizagem, desde que receba a orientação e condições de promover um ambiente de aprendizagem construtivo e gratificante, em que o aprendiz possa aproveitar as oportunidades para realizar interligações das noções adquiridas e insights na interpretação de problemas.

Baseado nas explicações relacionadas pelos alunos os monitores formularam uma explicação para o fenômeno observado.

Segundo os monitores, “Na água sanitária há presença de íons cloreto e hipoclorito, que ao reagir com um ácido (vinagre), ocorre a formação de cloro e água (equação 4). O cloro formado reage com o iodeto, formando iodo e íons cloreto (equação 5), já o iodo reagirá com o amido, formando um complexo de coloração violeta escuro (equação 6). Assim, o amido funciona como um indicador na reação, onde o surgimento da coloração violeta, indica a presença de cloro”.



Após adicionar ao tubo de ensaio a solução do béquer 2, os alunos comprovaram a produção de gás cloro a partir do aparecimento da coloração violeta, conforme resultado obtido para a reação padrão.

## 4 | CONCLUSÃO

A partir do experimento realizado os licenciandos do curso de Química puderam vivenciar de forma simples como ocorre a produção industrial de cloro, gás hidrogênio e hidróxido de sódio, através do cloreto de sódio retirado da água do mar. A prática também contribui para conscientização da utilização de materiais alternativos para suprir a carência de materiais nos laboratórios de ensino de Química.

A aula prática também colabora para uma maior conscientização e preservação do meio ambiente, pois reutiliza componentes extraídos de pilhas comerciais comum que seriam descartadas de forma inadequada, além de contribuir para a formação de profissionais capacitados para exercer a docência na educação básica.

## REFERÊNCIAS

- AGOURAKIS, D. C.; CAMARGO, I. M. C.; COTRIM, M. B.; FLUES, M. Comportamento de Zinco e Manganês de Pilhas Alcalinas Em Uma Coluna de Solo. **Química Nova**, Vol. 29, No. 5, 960-964, 2006.
- ANDRADE, E. G. R. *et al.* F. Contribuição da monitoria acadêmica para o processo ensino-aprendizagem na graduação em enfermagem. *Revista Brasileira de Enfermagem*, Brasília, vol.71, supl.4, p. 1690-1698, 2018.
- BARTZIK, F.; ZANDER, L. D. A Importância Das Aulas Práticas De Ciências No Ensino Fundamental. **Revista Brasileiro de Educação**, Belo Horizonte, v.4, n. 8, p. 33, mai-ago, 2016.
- BRAGA, F. A. G.; FREITAS, C. E. P.; OLIVEIRA, A. B. Reutilização dos Componentes de Pilhas em Aulas Práticas de Química. **XXIII Semana Universitária da UECE**, 2018.
- BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9 ed. Prentice-Hall, 2005.
- FREIRE, M. S.; SILVA JÚNIOR, C. N. S.; SILVA, M. G. L. Dificuldades de aprendizagem no ensino de eletroquímica segundo licenciandos de química. **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, 2011.
- MARTINS, M. M. et al. PROJETO “DESCOMPLICANDO CONCEITOS DE FÍSICO-QUÍMICA”: DESENVOLVIMENTO DE EXPERIMENTOS. **Simpósio de Ensino Pesquisa e Extensão**, 2009.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, Lilavate.I. Propostas Curriculares de Química do Estado de Minas Gerais: Fundamentos e Pressupostos. **Química Nova**. v.23, n.2, p.273-283, 2000.
- NATARIO, E. G. **Programa de monitores para atuação no ensino superior**: proposta de intervenção. 2001. 142 f. Tese (Doutorado) – Curso de Faculdade de Educação, Unicamp, Campinas, 2001.
- NUNES, J. B. C. Monitoria Acadêmica: espaço de formação. In: SANTOS, M. M.; LINS, N. M. **A monitoria como espaço de iniciação à docência**: possibilidade e trajetórias. Natal: Edufrn, p. 45-57, 2007.
- SATO, M. S. **A aula de laboratório no ensino superior de Química**. 2011. 116f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Físico-Química) Programa de Pós-Graduação em físico-Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- SOUZA, A. B.; CIRINO, M. M. **Objetos de Aprendizagem Como Recursos Didáticos Para o Ensino de Eletroquímica**. 2013.
- VIANA, K. M. S.; VILAR, E. O.; LIRA, H. L.; MELO, T. J. A.; FILHO, E. M. A. Avaliação do desempenho do compósito amianto/polietileno durante a eletrólise da salmoura. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 3, n. 3, 2008.

## FITÓLITOS DE SEDIMENTOS E PLANTAS – MÉTODOS DE EXTRAÇÃO E SUAS APLICAÇÕES

*Data de aceite: 04/01/2021*

*Data de submissão: 07/11/2020*

### **Heloisa Helena Gomes Coe**

Departamento de Geografia, Faculdade de  
Formação de Professores da UERJ,  
São Gonçalo – RJ  
<http://lattes.cnpq.br/6581517407434571>

### **David Oldack Barcelos Ferreira Machado**

Programa de Pós-graduação em Geografia,  
Universidade Estadual de Campinas  
Campinas - SP  
<http://lattes.cnpq.br/9403369830569856>

### **Sarah Domingues Fricks Ricardo**

Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
Programa de Pós Graduação em Botânica do  
Museu Nacional  
Rio de Janeiro - Rio de Janeiro  
<http://lattes.cnpq.br/5319602846889223>

### **Karina Ferreira Chueng**

Programa de Pós-graduação em Dinâmica  
dos Oceanos e da Terra, Departamento de  
Geologia, Universidade Federal Fluminense.  
Niterói – RJ  
<http://lattes.cnpq.br/2781873086686862>

**RESUMO:** Fitólitos são partículas microscópicas de opala biogênica que se formam por precipitação de sílica amorfa entre e no interior de células de diversas plantas vivas, como resultado da absorção de ácido silícico da solução do solo pelas plantas. Possuem alto potencial de preservação e, por isso, são úteis em reconstituições

paleobiogeográficas e paleoclimáticas. Podem ser extraídos das plantas, para documentação da biodiversidade ou para estabelecimento de coleções de referência para estudos paleoambientais, ou de solos e sedimentos, para reconstituições paleoambientais. Nesse trabalho são apresentadas algumas técnicas de extração em laboratório de fitólitos de plantas e sedimentos, bem como da microscopia do material recuperado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fitólitos, plantas, sedimentos, técnicas de extração.

### PHYTOLYTHS FROM SEDIMENTS AND PLANTS - EXTRACTION METHODS AND THEIR APPLICATIONS

**ABSTRACT:** Phytoliths are microscopic particles of biogenic opal that are formed through the precipitation of amorphous silica between and within the cells of several living plants as a result of the absorption of silicic acid from the soil solution by plants. They have high preservation potential and, therefore, are useful in paleobiogeographic and paleoclimatic reconstructions. They can be extracted from plants, for documentation of biodiversity or for establishing reference collections for paleoenvironmental studies; or from soils and sediments, for paleoenvironmental reconstructions. In this study, some laboratory extraction techniques of phytoliths from plants and sediments are presented, along with the microscopy of the recovered material.

**KEYWORDS:** Phytoliths, plants, sediments, extraction techniques.

## 1 | INTRODUÇÃO

Fitólitos são partículas microscópicas (<60-100 µm) de opala biogênica, geralmente encontradas nas frações silte e areia muito fina, que se formam por precipitação de sílica amorfa no interior e entre células de diversas plantas vivas, formadas como resultado da absorção de ácido silícico [Si(OH)<sub>4</sub>] da solução do solo pelas plantas (PIPERNO, 2006). As plantas constroem uma estrutura ou molde onde são introduzidos os íons, posteriormente induzidos à precipitação e cristalização (EPSTEIN, 2001). A senescência e a decomposição dos restos vegetais fazem com que os fitólitos sejam incorporados ao solo, sendo estes bastante estáveis, gerando microfósseis e tornando-se importantes registros ambientais, já que apresentam configurações típicas da vegetação de origem e se preservam bem sob condições oxidantes, como nos solos. A forma do fitólito reflete o “molde” da célula em que foi formado (COE *et al.*, 2014). Assim, os fitólitos preservam os vestígios da vegetação natural, tornando possível a compreensão da evolução de uma vegetação em relação às condições bioclimáticas.

Devido a estas características, aliado ao fato de se preservarem bem em condições oxidantes, como nos solos (COE *et al.*, 2014), os fitólitos são úteis em reconstituições paleoambientais da vegetação, inferências climáticas e paleobiogeográficas. Várias são as aplicações das análises fitolíticas em estudos ambientais. No campo da Botânica, da Paleontologia e da Paleoecologia servem para documentação e reconstrução da biodiversidade, sua distribuição paleogeográfica, bem como para a caracterizações biotópicas. Também são utilizados em estudos de Pedologia (por exemplo, na análise da distribuição de fitólitos em perfis de solo atuais e em horizontes enterrados, no uso da terra e como biorremediação), em Geomorfologia para compreensão da evolução da paisagem, em Geoquímica Ambiental no entendimento do sequestro de minerais pesados e na Arqueologia para entender o repertório cultural e padrões de ocupação humana (COE *et al.*, 2013, 2014, 2017; AUGUSTIN *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2015; CHUENG *et al.*, 2018; DIAS *et al.*, 2019).

Após a extração dos fitólitos e a identificação ao microscópio dos morfotipos, é possível calcular índices fitolíticos. Tais índices permitem inferir características da vegetação, como a densidade da cobertura arbórea (índice D/P), a densidade da cobertura por palmeiras (índice Pa/P), o estresse hídrico (índice Bi), o grau de aridez (índice Iph) e a adaptação a temperaturas mais baixas (índice Ic) (COE *et al.*, 2014).

Os fitólitos podem ser extraídos de solos, sedimentos ou plantas. Nesse trabalho, apresentamos os protocolos mais utilizados pelos autores, que fazem parte do grupo de pesquisadores do NEPaleo (Núcleo de Estudos Paleobiogeoclimáticos) em estudos que utilizam biomineralizações de sílica como *proxy*.

## 2 | PROTOCOLO DE EXTRAÇÃO DE FITÓLITOS DE SOLOS E SEDIMENTOS

A finalidade do protocolo consiste em retirar o maior número possível de partículas orgânicas e inorgânicas que possam dificultar/inviabilizar a identificação e quantificação dos morfotipos de fitólitos e outras biomineralizações de sílica (espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas) presentes nas amostras.

O protocolo contém **9 etapas** (preparação inicial, remoção dos carbonatos, oxidação da matéria orgânica, branqueamento, remoção da fração argila, solubilização de ferro, remoção da fração areia e armazenamento). Os processos estão descritos em Machado (2019), provenientes de adaptações dos protocolos utilizados em Kelly (1990) e Coe (2009).

Os equipamentos, insumos, reagentes e soluções utilizadas no protocolo de extração encontram-se nas Tabelas 1 e 2. Vale ressaltar que o manejo dos itens utilizados no protocolo deve estar de acordo com as regras de segurança do laboratório e instruções de uso dos respectivos fabricantes.

<b>Equipamentos</b>	Capela de exaustão Agitador de tubos tipo vortex Agitador mecânico orbital Centrífuga Ebulidor elétrico Estufa ventilada Banho ultrassônico Banho-maria digital Banho de areia Balança de precisão Placa aquecedora <i>Stirrer</i> magnético Mufla
<b>Reagentes</b>	Ácido Clorídrico (HCl) Ácido Nítrico (HNO <sub>3</sub> ) Ácido Sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) Citrato de sódio (Na <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> ) Cloreto de Cálcio (CaCl <sub>2</sub> ) Ditionito de sódio (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ) EDTA (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ) Hexametáfosfato [(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ] Hipoclorito de sódio (NaClO) Peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) SPT - Politungstato de sódio (2Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> ·9WO <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O)

<b>Outros Insumos</b>	Água destilada EtOH - Álcool Etílico 75% e 100% Beckers de 150ml e 500ml Tubos erlenmeyer de 100ml e 200ml Tubos falcon 50ml e suporte para tubos falcon Vidros de relógio Tubos de ensaio Pinça de madeira para tubo de ensaio Pinça para cadinhos Colher de vidro Bastão de vidro Funil de vidro Lamparina Gral (almofariz) com pistilo Cadinhos de porcelana com tampa Micropipeta de volume fixo de 25 $\mu$ l Pipetas descartáveis 10ml Pissetes 500ml Peneiras de 2mm e de 250 $\mu$ m Recipientes de alumínio Tubos Eppendorf 1,5ml Lâminas e lamínulas Entellan® Glicerol Óleo de cravo (Eugenol)
-----------------------	---

Tabela 1: Equipamentos e reagentes utilizados na extração de fitólitos

Solução	Preparo
Solução ácida 1:4	25ml de ácido sulfúrico (HSO <sub>4</sub> ) + 75ml de ácido Nítrico (HNO <sub>3</sub> ) (para solos/sedimentos) e 25ml de ácido Nítrico (HNO <sub>3</sub> ) + 75ml de ácido sulfúrico (HSO <sub>4</sub> ) (para plantas) – misturado manualmente num becker de 150ml utilizando um bastão de vidro até que a solução esteja homogênea.
Solução de ácido clorídrico a 1N	1l de água destilada + 98g de ácido clorídrico (HCl) - misturado em <i>Stirrer</i> magnético até que a solução fique homogênea.
Solução de Citrato de sódio a 1N	1l de água destilada + 88,4g de citrato de sódio (Na <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> ) – misturado em <i>Stirrer</i> magnético até que a solução fique homogênea.
Solução de cloreto de cálcio a 1N	1l de água destilada + 94g de cloreto de cálcio (CaCl <sub>2</sub> ) misturado em <i>Stirrer</i> magnético até que a solução fique homogênea.
SPT - Politungstato de sódio densidade 2,31	300ml de água destilada + 680g de politungstato de sódio (2Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> .9WO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O) – misturado em <i>Stirrer</i> magnético até que a solução fique homogênea e apresente a densidade de 2,31g/ml, comprovada por densímetro.

Tabela 2: Reagentes de preparação manual

- **Etapa 1: Preparação inicial**

A etapa inicia-se com a seleção do material a partir da descrição das amostras coletadas, conforme a ficha de descrição morfológica de perfis/testemunhos de solos/sedimentos (AMARAL *et al.*, 1998), com o objetivo de facilitar a escolha da técnica utilizada em algumas etapas que variam em função de características como: presença

de material orgânico a partir da coloração; tipo de solo e/ou presença de restos vegetais; fração granulométrica predominantemente; presença ou ausência de carbonatos a partir da litologia ou conchas; e presença ou ausência de ferro por meio da cor e/ou tipo de solo.

Após identificadas as características do material, esse deve ser selecionado e transferido para recipientes de alumínio ou becker de vidro e seco na estufa a no máximo 100°C (Figura 1a). Com o material completamente seco, deve-se destorroar (Figura 1b) e peneirar na malha de 2mm, a fim de selecionar as frações de areia, silte e argila (Figura 1c).

Concluída a seleção das frações granulométricas inferiores a 2mm, deve-se selecionar a quantidade de material total a ser utilizada na extração. As amostras são armazenadas em falcons de 50ml nomeados e identificados. Seleciona-se, em uma balança de precisão, a quantidade a ser utilizada a partir das características do material, sendo: 5g para solos/sedimentos com muita matéria orgânica, organossolos ou turfeiras; ou 10g para solos/sedimentos com frações granulométricas predominantemente arenosas ou material proveniente de sítios arqueológicos.

- **Etapa 2: Remoção dos carbonatos**

A remoção dos carbonatos se inicia com o acréscimo de 30ml da solução de ácido clorídrico a 1N (Tabela 2) nas amostras, seguindo-se pela mistura manual no falcon (agitação). Após misturado, veda-se completamente o falcon e o mesmo deve permanecer no agitador mecânico orbital por 1h em velocidade média a alta (50% a 100%) (Figuras 1d e 1e).

Concluído o tempo, é necessário verificar se há volatilização (liberação de gases), identificada pelo som e presença de bolhas ao abrir o falcon. Caso haja volatilização, deve-se repetir o processo até que esta cesse completamente.

Não ocorrendo volatilização, acrescenta-se 2ml da solução cloreto de cálcio a 1N (Tabela 2) e completa-se o volume total do falcon com água destilada. A etapa se encerra com a rinsagem (lavagem da amostra com água destilada, transvasando apenas o sobrenadante) na centrífuga, em pelo menos 3000rpm, até que o pH esteja entre 5 e 7 (Figura 1f). O material deve, então, ser seco na estufa a no máximo 80°C.

- **Etapa 3: Oxidação da matéria orgânica**

O processo de oxidação de matéria orgânica (MO) consiste na eliminação do material orgânico das amostras por meio de ataque ácido, podendo ocorrer de três maneiras: 1) ataque ácido simplificado, 2) ataque ácido moderado e 3) ataque ácido intensificado.

**1) Ataque ácido simplificado:** indicado para amostras que possuem pouca quantidade de matéria orgânica e/ou granulometria predominantemente arenosa. O processo se inicia com a transferência da totalidade da amostra do falcon para os tubos de ensaio (cerca de 0,5 a 1g de amostra por tubo), em seguida acrescenta-se ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) com o auxílio de pipeta.

Realizada a adição do ácido, o tubo de ensaio deve ser aquecido em lamparinas até que a MO seja completamente eliminada, o que é constatado através de dois indícios: a cor da fumaça liberada torna-se branca e/ou a cor da amostra no tubo de ensaio torna-se mais clara (Figura 1h).

Concluída a queima, deve ser aguardado o resfriamento das amostras e, aos poucos, acrescentar cerca de 3ml de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) a 30%. Após o término da reação deve-se aguardar o resfriamento da amostra e em seguida transferi-la novamente para o falcon de 50ml. A etapa se encerra com a rinsagem da amostra na centrífuga, em pelo menos 3000rpm, até que o pH esteja entre 5 e 7. O material deve, então, ser seco na estufa a no máximo 80°C.

**2) Ataque ácido moderado:** indicado para amostras com moderada a grande quantidade de MO e granulometria predominantemente mais fina (silte e argila). O processo se inicia com a transferência da totalidade da amostra do falcon para os tubos de ensaio, cerca de 0,5 a 1g de amostra por tubo, seguindo-se pelo acréscimo da solução ácida 1:4 (1 de ácido sulfúrico e 3 de nítrico) (Tabela 2) com auxílio de pipeta (Figura 1g). Aquece-se na lamparina até que a MO seja eliminada completamente, seguindo os mesmos indicativos e finalização do ataque ácido simplificado (Figura 1h).

**3) Ataque ácido intensificado:** destinado a amostras com grandes quantidades de MO, como as provenientes de organossolos/turfeiras e/ou amostras com elevada quantidade de restos vegetais de tamanho inferior a 2mm. O processo se inicia com a transferência da amostra para um becker de 500ml, seguido pelo acréscimo de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) a 30%, suficiente para que a amostra seja completamente coberta, então a amostra é aquecida em banho de areia na placa aquecedora a no máximo 90°C por no mínimo 6h e no máximo 8h.

Após concluída a remoção da MO, as amostras são novamente transferidas para os tubos falcon de 50ml, para que sejam realizadas as rinsagens na centrífuga, em pelo menos 3000rpm, até que o pH esteja entre 5 e 7. O material deve, então, ser seco na estufa a no máximo 80°C. Após secar completamente, é dado prosseguimento com o mesmo processo realizado no segundo método (ataque ácido moderado).

- **Etapa 4: Branqueamento**

A etapa de branqueamento é opcional e possui a finalidade de clarear as amostras o máximo possível para facilitar a identificação dos morfotipos de fitólitos e/ou outras biomineralizações de sílica presentes nas amostras. O procedimento se inicia com a transferência das amostras secas para um becker de 500ml, macerando ligeiramente as amostras com auxílio de um bastão de vidro, a fim de romper os agregados.

Adiciona-se cerca de 10ml (ou a quantidade suficiente para cobrir as amostras) de hipoclorito de sódio ( $NaClO$ ) a 6%, deixando a reação ocorrer por no mínimo 65h e no máximo 72h consecutivas e ininterruptas (Figuras 1i e 1j).

Concluído o tempo da reação, completa-se o becker com água destilada quente (ponto de ebulição) e inicia-se a rinsagem no próprio becker (2h após a adição de água destilada quente), por no mínimo 8 vezes ou até que o hipoclorito de sódio seja completamente removido (quando a amostra está sem o odor característico do NaClO) (Figura 1j).

- **Etapa 5: Remoção da fração argila**

A finalidade deste procedimento é remover o máximo possível das partículas de argila presentes nas amostras de solo, pois essa fração pode formar agregados que dificultam a identificação e quantificação dos morfotipos de fitólitos e outras biomineralizações presentes na amostra. A etapa é composta por duas fases:

A primeira consiste em acrescentar 10g de Hexametafosfato  $[(NaPO_3)_6]$  na amostra contida em becker de 500ml, completando, em seguida, o volume do recipiente com água destilada quente. Mistura-se com um bastão de vidro até que o reagente seja completamente dissolvido (Figura 1k). É dado prosseguimento com a rinsagem das amostras, no próprio becker, utilizando água destilada em ponto de ebulição, a cada 2h, por no mínimo 10 vezes, ou até que a água esteja transparente ou levemente turva. Caso a água permaneça turva, repita o processo quantas vezes forem necessárias (Figura 1l).

A segunda se inicia após a conclusão da anterior, acrescentando-se 10g de EDTA ( $C_{10}H_{16}N_2O_8$ ) e completando-se com água destilada quente. Mistura-se com o auxílio de um bastão de vidro até a dissolução do reagente (Figura 1m). Segue-se a rinsagem no becker a cada 2h, conforme a realizada durante a remoção do Hexametafosfato. Concluída a etapa, a amostra é novamente transferida para o tubo falcon de 50ml e seca na estufa a no máximo 80°C.

- **Etapa 6: Oxidação do ferro**

A etapa consiste na solubilização do ferro contido nas amostras, já que os óxidos de ferro podem criar agregados que aprisionam os fitólitos e as demais biomineralizações de sílica existentes, dificultando sua identificação e quantificação. A etapa pode ser realizada de duas maneiras, dependendo da quantidade de óxidos de ferro observada nas amostras:

**1) Amostras com grandes/moderadas quantidade de ferro:** amostras de cor avermelhada ou provenientes de áreas de coleta com solos/sedimentos com grandes quantidades de ferro em sua composição. Inicia-se com a transferência das amostras para um becker de 500ml onde se acrescenta ácido clorídrico (HCl) concentrado em quantidade suficiente para cobrir completamente as amostras; mistura-se manualmente com auxílio de um bastão de vidro a cada 15min, por no mínimo 1h.

Concluída a reação, deve-se transferir a amostra novamente para o falcon de 50ml. Realiza-se a rinsagem na centrífuga até que o pH esteja entre 5 e 7 e, posteriormente, o material deve ser seco na estufa a no máximo 80°C.

**2) Amostras com pouca quantidade de ferro:** amostras que não apresentam as características contidas na indicação do processo citado anteriormente. Com as amostras no falcon, inicia-se com o acréscimo de 10ml de água destilada e 10ml da solução de citrato de sódio a 1N (Tabela 2).

As amostras são colocadas em banho-maria e, ao atingir a temperatura de 80°C, acrescenta-se 0,5g de ditionito de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) (Figuras 1n e 1o) e agita-se manualmente o falcon até que as amostras atinjam a cor cinza esverdeado ( $\text{Fe}^{2+}$  dissolvido) (Figura 1p). A etapa se encerra com a realização da rinsagem da amostra na centrífuga até que o pH esteja entre 5 e 7, o material então deve ser seco na estufa a no máximo 80°C.

- **Etapa 7: Remoção da fração areia**

A etapa consiste em remover as frações granulométricas superiores a 250 $\mu\text{m}$ . Utiliza-se um becker de 500ml, onde é colocado um funil de vidro e uma peneira de 250 $\mu\text{m}$ . Logo em seguida é despejada a amostra na peneira e, com o auxílio de um pissete com água destilada, a amostra é lavada, a fim de se recuperar todas as frações finas contidas na peneira (Figuras 1q e 1r).

Transfere-se as frações mais finas para o tubo falcon de 50ml e reserva-se a fração mais grosseira em outro tubo falcon. Após realizado o processo, o material deve ser seco na estufa a no máximo 80°C.

- **Etapa 8: Separação densimétrica**

A etapa consiste em selecionar os materiais com densidade de 2,31g/ml (densidade das biomineralizações de sílica) e remover os minerais que não possuem densidade equivalente. Acrescenta-se 15ml da solução de líquido denso com densidade 2,31 (Tabela 2) nas amostras, que se encontram secas e dentro dos tubos falcons de 50ml. Utiliza-se uma solução com politungstato de sódio (SPT) diluído em água destilada (Figuras 1s e 1t).



Figura 1: Etapas da extração de fitólitos de solos/ sedimentos: a) Secagem das amostras na estufa ventilada; b) Destorroamento da amostra; c) Peneiragem (2 mm) da amostra; d) Remoção dos carbonatos; e) Amostras no agitador mecânico orbital; f) Amostras na centrífuga; g) Preparação da solução ácida para oxidação da matéria orgânica; h) Oxidação da matéria orgânica (antes e depois); i) Preparação para o branqueamento com hipoclorito de sódio; j) Antes e depois do branqueamento; k) Preparação para remoção da fração argila com Hexametafosfato; l) Antes e depois da remoção da fração argila; m) Preparação para remoção da fração argila com EDTA; n) Preparação dos reagentes para solubilização do ferro; o) Amostras em banho-maria para solubilização do ferro; p) Antes e depois da solubilização do ferro; q) e r) Remoção da fração areia; s) Preparação do líquido denso com SPT; t) Solução de SPT na densidade de 2,31g/ml. Fonte: Adaptado de Machado (2019)

Coloca-se a mistura da amostra no agitador de tubos tipo vortex por no mínimo 2 min e, em seguida, as mesmas são levadas ao banho de ultrassom por 5 min. Centrifuga-se por 10 min a 5000 rpm, recolhendo o material sobrenadante (que são as biomineralizações de sílica). O processo deve ser repetido por no mínimo 3 vezes.

Concluindo-se a etapa, é necessário rinsar as amostras na centrífuga a fim de remover toda a solução e, posteriormente, estas devem ser secas na estufa a no máximo 80°C.

- **Etapa 9: Armazenamento**

Após realizada todas as etapas, as amostras secas são guardadas em microtubos tipo Eppendorf de 1,5ml, devidamente identificadas, para serem utilizadas posteriormente na microscopia ou armazenamento definitivo de material (Figura 2j).

### 3 I PROTOCOLO DE EXTRAÇÃO DE FITÓLITOS DE PLANTAS

Extrair fitólitos diretamente das plantas possibilita estimar sua presença, a quantidade e os tipos em cada espécie. Esta análise possui diversas metodologias, sendo as mais conhecidas e utilizadas a extração por via úmida (*wet oxidation*) e seca (*dry ashing*), também conhecida como calcinação (SHARMA *et al.*, 2019).

#### 3.1 Via úmida (*wet oxidation*)

A metodologia de extração por via úmida tem como base a utilização de ácidos como o objetivo de remoção de toda a matéria orgânica do material, tendo como sobra somente o que for composto por sílica. Comumente são utilizadas as partes vegetativas da planta para este tipo de análise, principalmente as lâminas foliares, por apresentarem, na maior parte das vezes, grande acúmulo e produção de fitólitos devido às altas taxas de evapotranspiração. O seguinte protocolo foi proposto e utilizado por Ricardo (2019), utilizando, com adaptações, princípios da metodologia por via úmida elaborada por Medeanic *et al.* (2008):

#### 3.2 Preparação das amostras

Logo depois da coleta, é necessário que as amostras sejam previamente lavadas com água corrente e água destilada, retirando possíveis resíduos de poeira e contaminação. Em seguida devem ser desidratadas em estufa a 60°C por uma semana.

Com a amostra já seca, deve ser realizada a separação de 0,5g de material foliar (Figura 2a) e novamente sua lavagem com água corrente e água destilada. Para espécies com presença de muitos tricomas, é recomendado empregar um protocolo mais rigoroso, que consiste em colocar o material dentro de um becker com água e posicioná-lo no agitador mecânico orbital na velocidade de 40% por 17 min, seguido de 17 min no ultrassom (Figuras 2b e 2c). Esses procedimentos devem ser realizados por no mínimo duas vezes,

a fim de garantir que nenhum resíduo ou fitólito trazido pelo vento resista na superfície da folha analisada. Por fim, a amostra deve ser colocada na estufa a 50°C até sua completa secagem (Figura 2d).

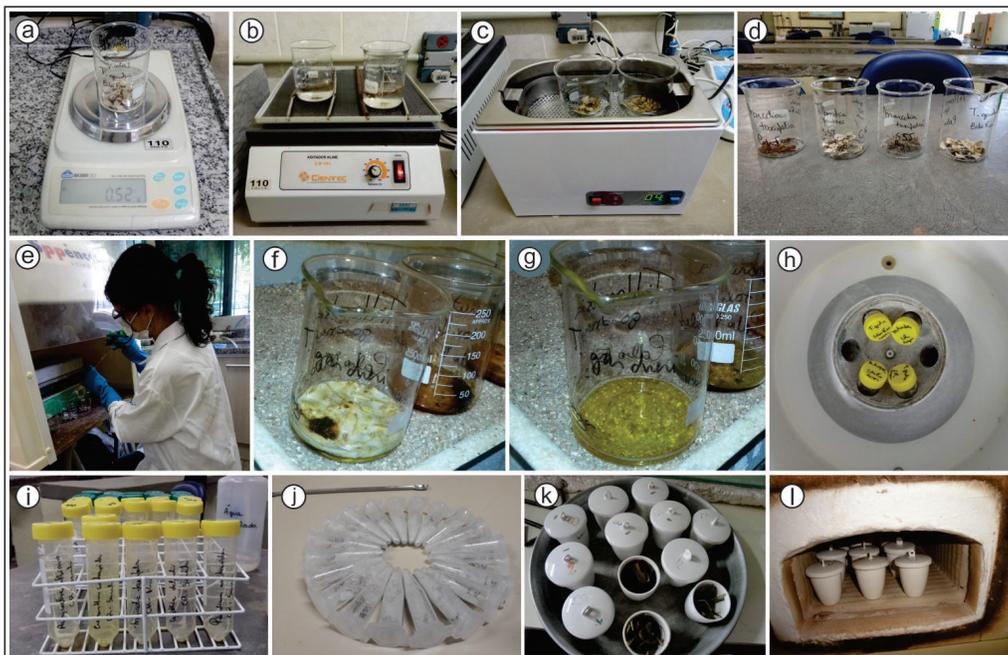


Figura 2: Etapas da extração de fitólitos de plantas: via úmida: a) Pesagem inicial b) lavagem de amostras em agitador mecânico orbital; c) Lavagem em banho ultrassônico; d) Amostras completamente secas após a lavagem; e) Adição da solução ácida 1:4; f) Reação promovida pelo acréscimo da solução ácida; g) Amostras após a remoção da matéria orgânica; h) Centrifugação das amostras; i) Amostras com pH neutro após a extração; j) Armazenamento das amostras em tubos eppendorf 1,5ml; via seca (calcinação) k) Amostras pesadas e colocadas em cadinhos com tampa ; l) Calcinação das amostras na mufla. Fonte: Adaptado de Ricardo (2019)

### 3.3 Extração dos fitólitos

Para a extração dos fitólitos, utiliza-se uma solução ácida 1:4 (uma parte de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) 65% para 3 partes de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )) (Tabela 2) nas amostras já preparadas de 0,5g de material foliar seco (Figura 2e). Em seguida o material é colocado em banho de areia em uma placa aquecedora por 2h (Figuras 2f e 2g).

Posteriormente, o material é centrifugado com água destilada a 3500 rpm durante 5 minutos diversas vezes (Figura 2h), até a amostra atingir um pH neutro ( $\pm 4$ ) (Figura 2i). Em seguida, a amostra, contendo somente a sílica resultante, é armazenada (Figura 2j) para posterior observação ao microscópio.

### 3.4 Via seca (*dry ashing*) – Calcinação

Calcinação é o tratamento de remoção da matéria orgânica ( $\text{CO}_2$ ), água e outros gases ligados a uma substância, como hidratos e carbonatos (TRINDADE, 2016). Os materiais resultantes desse método são carvões e fitólitos, derivados da reação da decomposição térmica. A extração é feita utilizando uma mufla, onde o material é aquecido a altas temperaturas. Parr *et al.* (2001) descrevem em sua metodologia a lavagem (digestão) com água destilada, 10% ácido clorídrico (HCl) e 15% de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), utilizando o protocolo subsequente:

Inicia-se pelo registro e pesagem do tubo de ensaio vazio e em seguida com amostra desidratada, a fim de registrar o peso total da amostra. Enxagua-se, então, o material vegetal em água destilada, transferindo-a para um cadinho de porcelana com tampa (Figura 2k). Em seguida, a amostra é levada a mufla por 6h na temperatura de 500°C (Figura 2l).

Após o procedimento na mufla, é necessário aguardar seu resfriamento – de um dia para o outro - e transferir a amostra para um tubo de ensaio. Então, são adicionados 10ml de ácido clorídrico (HCl) 10% no material, que deve ser aquecido em banho-maria a 70°C durante 20min ou até o término da reação. Concluída a reação, deve-se rinsar na centrífuga a 3500rpm por 5 min até que o reagente seja completamente removido. Em seguida, são acrescentados 10ml de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 15% e o material é aquecido em banho-maria a 70°C por no mínimo 20 min ou até a reação cessar.

O material é então levado à centrífuga a 3500 rpm por 5 min para a completa remoção do peróxido de hidrogênio. Então, acrescenta-se 1ml de álcool etílico (EtOH) 100%, aguardando o tempo mínimo de 12h até que fique completamente seco. Por fim, com o material seco, deve-se pesar a amostra para calcular o peso dos fitólitos e transferir para tubos falcon 50ml com o mínimo de álcool etílico (EtOH) possível. Em seguida é realizada a preparação das lâminas com o material resultante para observação em microscópico óptico.

## 4 | MICROSCOPIA E CÁLCULO DOS ÍNDICES FITOLÍTICOS

Após a extração de fitólitos das plantas e sedimentos, é selecionada uma alíquota de 25  $\mu\text{l}$  do material precipitado com o auxílio de uma micropipeta de volume fixo (Figura 3a) e confeccionam-se lâminas (Figura 3b) para observação e microscopia em óleo de imersão, glicerol ou óleo de cravo (temporárias) e Entellan® (permanentes) (Figuras 3c e 3d), nas quais se estabelecem a determinação de seu conteúdo, a descrição dos principais morfotipos de fitólitos e estado de alteração das partículas.

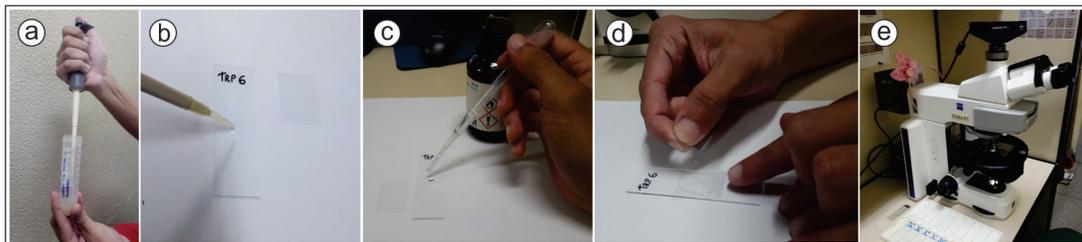


Figura 3: Microscopia das amostras: a) Coleta da alíquota de 25µl com micropipeta de volume fixo; b) Adição da amostra na lâmina; c) Adição de Entellan®; d) Colocação da lamínula; e) Microscópio eletrônico utilizado para identificação e quantificação dos morfotipos de fitólitos. Fonte: Adaptado de Machado (2019)

Com sedimentos, para a identificação e contagem dos morfotipos ao microscópio óptico (Figura 3e) - com aumento de 500 a 630x - se faz necessária a observação de pelo menos 200 fitólitos classificáveis, sendo também contados os fitólitos não classificáveis (aqueles cujo grau de alteração não permite mais distinguir seu morfotipo), a fim de: a) estimar a frequência relativa dos distintos morfotipos segundo o Código Internacional de Nomenclatura de Fitólitos (ICPN 2.0) de Neumann *et al.* (2019); b) analisar o grau de alteração dos fitólitos (classificáveis / não classificáveis); c) calcular o estoque total de fitólitos em cada amostra.

Para a quantificação de fitólitos de plantas é realizada a contagem sob microscopia óptica em 3 transectos horizontais de uma lamínula de 18mm x18mm com um aumento de 500x. Cada espécie é classificada de acordo com o nível de produção de fitólitos em uma das 5 categorias: Muito alta (>300 fitólitos); Alta (100-300 fitólitos); Média (50-100 fitólitos); Pouca (10-50 fitólitos); Rara (<10 fitólitos), como descrito na metodologia de Ricardo *et al.* (2018).

A partir da contagem dos fitólitos de sedimentos, calculam-se índices fitolíticos (relações de abundância de determinados morfotipos de fitólitos), que permitem inferir parâmetros de vegetação, tais como: (1) a densidade da cobertura arbórea (D/P), (2) a densidade de palmeiras (Pa/P), (3) o índice de estresse hídrico (Bi), (4) o índice climático (Ic) e (5) o índice de aridez (Iph), conforme descrito abaixo:

1) **Índice D/P** (Dicotiledôneas lenhosas / Poaceae) indica a densidade da cobertura arbórea e é calculado:

$$D/P = \text{SPHEROID ORNATE} / (\text{short cells} + \text{ACUTE BULBOSUS} + \text{BULLIFORM FLABELLATE})$$

2) **Índice Pa/P** (Arecaceae / Poaceae) indica a densidade de cobertura por palmeiras e é calculado:

$$Pa/P = \text{SPHEROID ECHINATE} / (\text{short cells} + \text{ACUTE BULBOSUS} + \text{BULLIFORM FLABELLATE})$$

3) **Índice Bi%** (Bulliform Índice) indica o nível de estresse hídrico ao qual as plantas estão sujeitas e é calculado:

$$\text{Bi (\%)} = (\text{BULLIFORM FLABELLATE}) / [(\text{short cells} + \text{ACUTE BULBOSUS} + \text{BULLIFORM FLABELLATE})] \times 100$$

4) **Índice Ic%** (climático) indica a adaptação de uma formação vegetal a uma temperatura baixa (regiões temperadas) ou a uma forte pressão parcial do dióxido de carbono ( $p\text{CO}_2$ ) em áreas de altitude (regiões tropicais de altitude) e é calculado:

$$\text{Ic (\%)} = [(\text{RONDEL} + \text{POLYLOBATE} + \text{TRAPEZOID}) / \text{todos os short cells}] \times 100$$

5) **Índice lph** (aridez) indica o grau de aridez do ambiente a partir da proporção de fitólitos de gramíneas baixas com ciclo fotossintético em C4 (Chloridoideae) em relação ao somatório das gramíneas altas com ciclo fotossintético em C4 (sobretudo Panicoideae) e é calculado:

$$\text{lph (\%)} = [\text{SADDLE} / (\text{SADDLE} + \text{CROSS} + \text{BILOBATE})] \times 100$$

## 5 I CONCLUSÕES

Os fitólitos são indicadores muito utilizados em diversos campos das ciências ambientais, mas o sucesso da sua identificação depende muitas vezes da qualidade dos protocolos de laboratório utilizados durante sua extração. Os procedimentos apresentados nesse trabalho são resultado de vários anos de experiência, promovendo adaptações de métodos utilizados por diversos pesquisadores, em função do tipo de material analisado e dos equipamentos e reagentes disponíveis. Apesar de já estarem sendo utilizados há bastante tempo, novas adaptações e atualizações nestes protocolos sempre poderão ser realizadas.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, E.F.; SILVA, J.R.T.; NETO, M.A.R. Sistematização da coleta de dados para a descrição morfológica de perfis de solo. **Instruções Técnicas EMBRAPA** nº 09, dez/98. 4p. 1998.

AUGUSTIN, C.H.R.R., COE, H.H.G., CHUENG, K.F., GOMES, J.G. Analysis of geomorphic dynamics in ancient quartzite landscape using phytolith and carbon isotopes, Espinhaço Mountain Range, Minas Gerais, Brazil. **Geomorphologie** 4: 355-376, 2014.

CHUENG, K.F., COE, H.H.G., FAGUNDES, M., VASCONCELOS, A.M.C., RICARDO, S.D.F. Reconstituição Paleoambiental da Área Arqueológica de Serra Negra, Face Leste do Espinhaço Meridional (Minas Gerais), através da Análise de Fitólitos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 11: 7, 2018.

COE H.H.G., GOMES J.G., CHUENG K. Exemplos de reconstituições da vegetação e inferências de paleoclimas no Estado do Rio de Janeiro através da utilização de biomineralizações de sílica (fitólitos) e isótopos de carbono. **RevistaTamoios(Online)**, v.9, pp. 1 – 21, 2013

COE, H.H.G. **Fitólitos como indicadores de mudanças na vegetação xeromórfica da região de Búzios/Cabo Frio, RJ, durante o Quaternário**. Tese de Doutorado: UFF, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 301p. 2009.

COE, H.H.G., OSTERRIETH, M.; HONAINÉ, M. F. Phytoliths and their Applications. In: COE, H. H. G.; OSTERRIETH, M. (ed.). **Synthesis of some phytolith studies in South America (Brazil and Argentina)**. 1. New York: Nova Science, 2014.

COE, H.H.G., SOUZA, R.C.C.L., DUARTE, M.R., RICARDO, S.D.F., MACHADO, D.O.B.F., MACARIO, K.C.D., SILVA, E.P. Characterisation of phytoliths from the stratigraphic layers of the Sambaqui da Tarioba (Rio das Ostras, RJ, Brazil). **FLORA**, 236-237: 1-8, 2017.

DIAS, R.R.; COE, H.H.G.; LEPSCH, I.F.; RICARDO, S.D.F.; SILVA, L.M.V.; ALVARENGA, A.C., RASBOLD, G. G. Morphological Variation Of Phytoliths According to Leaf Senescence and Position in the Organs of *Brachiaria decumbens*. **FLORA**, v.151478, p.1- 6, 2019.

EPSTEIN, E. Silicon in plants: facts vs. concepts. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G. H., KORNDÖRFER, G.H. (ed.). **Silicon in Agriculture**. Elsevier, Amsterdam, p. 1-15, 2001.

KELLY, E.F. Methods for extracting opal phytoliths from soil and plant material. In: **Workshop on Biotindicadores of global change**, Seattle, 1990.

MACHADO, D.O.B.F. **Reconstituição paleoambiental da área das cabeceiras do Rio Preto, Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, através de biomineralizações de sílica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 102 p., 2019.

MEDEANIC, S., CORDAZZO, C.V., CORRÊA, I.C.S., MIRLEAN, N. Os Fitólitos em Gramíneas de Dunas do Extremo Sul do Brasil: Variabilidade Morfológica e Importância nas Reconstruções Paleoambientais Costeiras. **Gravel**, v.6, n.2, p.1-14, 2008.

NEUMANN, K.; STRÖMBERG, C.A.; BALL, T.; ALBERT, R.M.; VRYDAGS, L.; CUMMINGS, L.S. International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. **Annals of Botany** 124: 189–199, 2019.

PARR, J.F., C. J. LENTFER, C.J., BOYD, W.E. A Comparative Analysis of Wet and Dry Ashing Techniques for the Extraction of Phytoliths from Plant Material, **Journal of Archaeological Science** 28, 875–886, 2001.

PIPERNO, D.R. **Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists**. New York: Altamira Press, 2006.

RICARDO, S.D.F. **Variação na produção de silicofitólitos em plantas de mesma espécie ocorrentes em campos rupestres, campos de altitude e restingas**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Botânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 161p., 2019.

RICARDO, S.D.F.; COE, H.H.G.; DIAS, R.R.; SOUSA, L.O.F.; GOMES, E. Reference collection of plant phytoliths from the Caatinga biome, Northeast Brazil. **FLORA**, v. 249, p. 1-8, 2018.

SANTOS, C.P.; COE, H.H.G.; BORRELLI, N.L.; SILVA, A.L.C.; SOUSA, L.O.F.; RAMOS, Y.B.M.; SILVESTRE, C.P.; SEIXAS, A.P. Opal phytolith and isotopic studies of 'Restinga' communities of Maricá, Brazil, as a modern reference for paleobiogeoclimatic reconstruction. **Brazilian Journal of Oceanography** (Online), v.63, p.255 - 270, 2015.

SHARMA, R., KUMAR, V., KUMAR, R. Distribution of phytoliths in plants: a review. **Geology, Ecology, and Landscapes**, 3:2, 123-148, 2019.

TRINDADE, E. Determinação Da Perda Por Calcinação (PPC) [Análises Físicas] **Site Quimicando**, publicado em 28/09/2016. Acesso em 05/11/2020 <<https://quimicandovzp.com.br/determinacao-da-perda-por-calcinacao-ppc/>>

## INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBÉ: CONTRIBUIÇÕES AO PLANEJAMENTO E À GESTÃO PÚBLICA DE LONDRINA – PR

Data de aceite: 04/01/2021

Data da submissão: 15/12/2020

**Gilnei Machado**

Universidade Estadual de Londrina,  
Departamento de Geociências/ CCE  
Londrina – PR

<http://lattes.cnpq.br/2601219157653725>  
ORCID: 0000-0001-9649-7223

**RESUMO:** A bacia do Ribeirão Cambé tem sido ocupada desde a década de 1930 com atividades agrícolas voltadas à plantação do café. A partir da década de 1960 ela passou a ser urbanizada mais intensamente, atraindo os interesses imobiliários após a construção da represa do Lago Igapó I. Com a intensificação das atividades urbanas o ribeirão e, particularmente os Lagos I e II, passaram por um processo de degradação, impermeabilização e de assoreamento, chegando à situação atual de ocorrência de eventos recorrentes de inundações. Tendo isso por base, esse capítulo teve por objetivo mapear os locais de ocorrência de inundações na bacia hidrográfica do Ribeirão Cambé, verificando as possíveis causas das inundações e apresentando sugestões de encaminhamento para o Poder Público Municipal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Impermeabilização, drenagem urbana, Inundação.

### FLOODS IN THE RIBEIRÃO CAMBÉ BASIN: CONTRIBUTIONS TO PUBLIC PLANNING AND MANAGEMENT OF LONDRINA - PR

**ABSTRACT:** The Cambé River basin has been occupied since the 1930s with agricultural activities as the coffee plantation. From the 1960s it began to be urbanized more intensely, attracting real estate interests after the construction of the Dam of Lake Igapó I. With the intensification of urban activities the river and, particularly Lakes I and II, went through a process of degradation, waterproofing and siltation, reaching the current situation of occurrence of recurrent events of floods. Based on this, this chapter aimed to map the sites of occurrence of floods in the Ribeirão Cambé river basin, verifying the possible causes of this and presenting suggestions for referral to the Municipal Government.

**KEYWORDS:** Waterproofing, urban drainage, Flood.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os eventos de inundações nos centros urbanos têm se tornado cada vez mais frequentes e a ampliação do número de ocorrências está diretamente associado às transformações espaciais e sociais que as ocupações humanas produzem.

Tucci (1997), afirma que o crescimento das cidades brasileiras traz consigo o aumento significativo no número de ocorrência das inundações, na produção de sedimentos e

também na deterioração da qualidade da água.

Cabe ressaltar que as inundações são fenômenos hidrológicos naturais, que acontecem na medida em que as águas do leito menor de um rio extravasam para o que conhecemos como leito maior ou planícies de inundação (CUSTODIO, 2005).

As causas das inundações, em geral, são chuvas frequentes, fortes e rápidas ou chuvas de longa duração, sendo que as águas extrapolam para planície de inundação. (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2012).

De acordo com Tucci e Bertoni (2003), à medida que se impermeabiliza o solo, passa-se a favorecer e acelerar o escoamento através dos condutos, galerias e canais, comprometendo os sistemas de drenagens e produzindo inundações cada vez mais frequentes.

A urbanização traz muitas contradições e o ser humano se coloca como um grande agente transformador do espaço, produzindo, ao mesmo tempo, ações benéficas e outras prejudiciais, que muitas vezes acabam por contribuir para o aumento da ocorrência de eventos que são danosos a ele mesmo.

Assim os objetivos desse capítulo foi o de mapear os locais de ocorrência de inundações na bacia hidrográfica do Ribeirão Cambé, localizada na cidade de Londrina, no estado do Paraná.

## **1.1 Evolução da Ocupação Urbana na Bacia**

A bacia do ribeirão do Cambé, foi uma das primeiras bacias a serem ocupadas pela então nascente e crescente cidade de Londrina do início do Século XX, tanto que atualmente, dos seus 76 km<sup>2</sup>, cerca de 50 km<sup>2</sup> estão urbanizados, o que perfaz um total de mais de 65% da sua área (Figura 01).

A criação do Lago Igapó, na década de 1950 foi um dos grandes impulsionadores da ocupação da área, uma vez que contribuiu para valorizar as terras dos sítios até então aí existentes.

A abertura de ruas e avenidas de acesso à área, bem como a implantação de infraestruturas ligadas ao lazer, nas décadas que se seguiram, também tiveram papel importante.

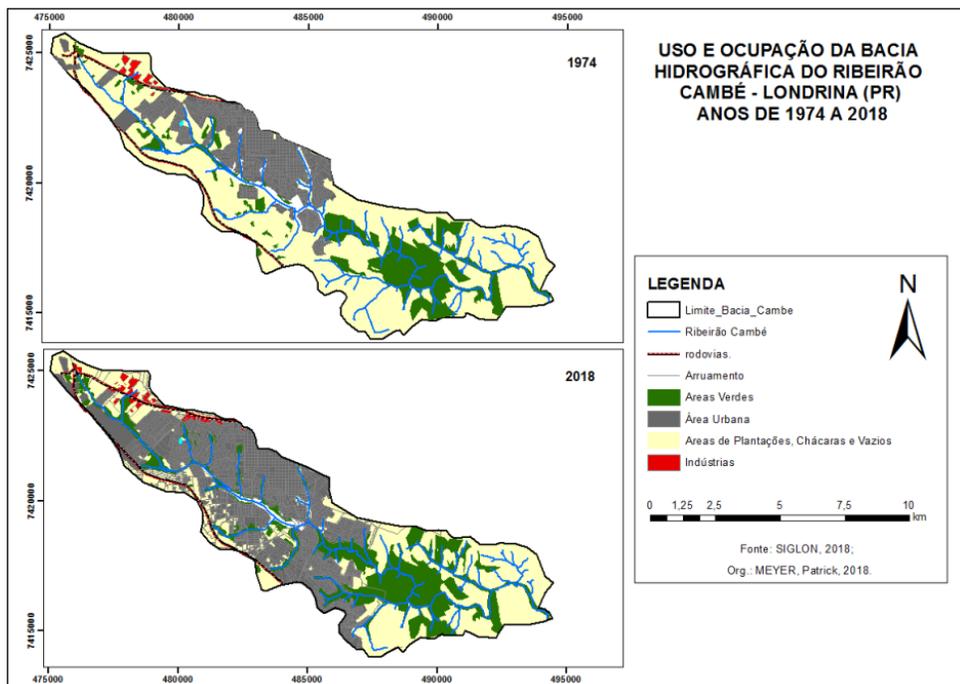


Figura 01: mapa do uso e ocupação da bacia do ribeirão Cambé 1974 a 2018

Fonte: o autor, 2018.

Desta forma, da década de 1950 aos dias atuais, as propriedades rurais existentes na vertente direita da bacia, deram espaço aos grandes edifícios, da região conhecida como Gleba Palhano (conjunto de prédios no lado esquerdo da (Figura 02).

Com a pavimentação do solo, a infiltração da água precipitada na bacia passou a ser prejudicada, o que resultou na ocorrência de maior escoamento superficial.

Na década de 1980, o processo de urbanização em direção aos lagos ganhou destaque, sendo igualmente ampliado o uso das margens como espaço público. O aterro do Lago Igapó 2, construído em 1985, é um bom exemplo disso (ECOMETROPOLE, 2009 apud LORENZO 2011), (ÁGUAS PARANÁ, 2015).

O assoreamento nos Lagos Igapó 1 e 2 (Figura 02) sempre foi um problema recorrente porém, se tornaram mais intensos devido a quantidade de resíduos gerados pelos usos e pela ocupação da bacia, principalmente os resíduos da construção civil, carregados nos dias de chuva para os lagos.



Figura 02 - Vista do Lago Igapó com suas vertentes ocupadas

Fonte: Wilson Vieira, 2017.

As obras de limpeza dos lagos nunca foram suficientes para resolver os problemas relacionados às inundações das suas proximidades. Os eventos continuaram a se intensificar e muitos são os que causam prejuízos à população.

Uma pesquisa simplificada nos jornais de Londrina permitiu verificar que os eventos de inundações estão crescendo em intensidade e em número de ocorrências. Eventos extremos de precipitação, impermeabilização dos solos, aterros em lugares inadequados e assoreamento são apenas algumas das suas causas. Dados da Defesa Civil de Londrina mostram que cada vez mais pessoas são atingidas por tais eventos na área urbana.

## 1.2 Inundações na bacia do ribeirão Cambé

Para a identificação dos pontos de ocorrência de inundações na bacia hidrográfica do Ribeirão Cambé, além da busca em jornais locais, foi necessária a realização de um levantamento de informações junto à Defesa Civil (D.C) do Estado do Paraná e da D. C de Londrina, como também de uma entrevista com o seu coordenador.

Por meio do levantamento realizado foi possível identificar os pontos de inundação mais frequentes, dos dez pontos identificados na área urbana, oito estão localizados na bacia do Ribeirão Cambé (Figura 03). O que leva a entender que 80% das inundações que ocorrem em Londrina, ocorrem nesta bacia.

No ano de 1997 ocorreu inundação em três pontos (Figura 03), os quais foram identificados como sendo as ruas Joaquim de Matos Barreto, Charles Darwin e Avenida Higienópolis.

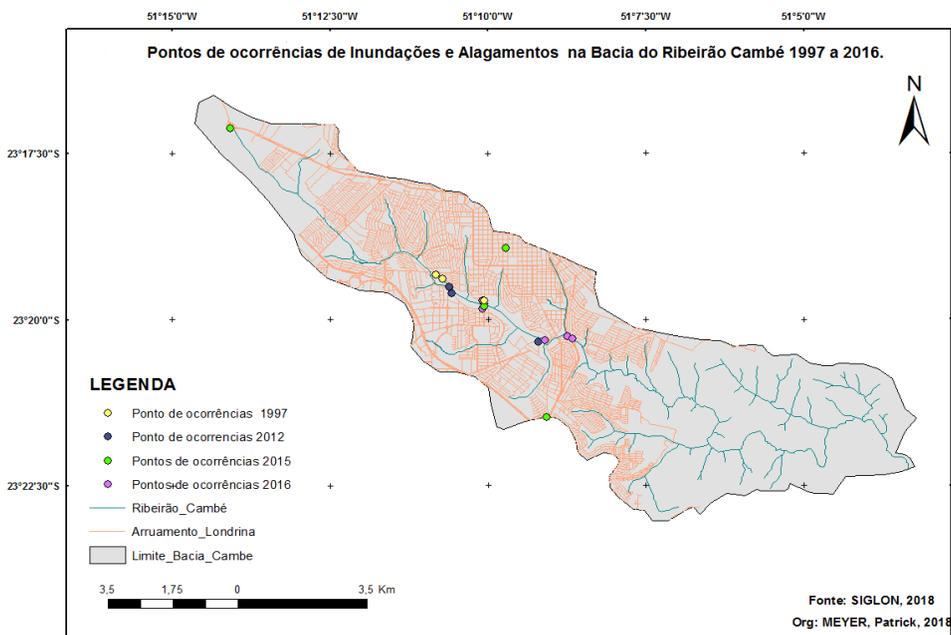


Figura 03: Mapa dos pontos de inundações e alagamentos na bacia do ribeirão Cambé

Fonte: o autor, 2018.

O pior evento de inundação já registrado em Londrina ocorreu em outubro de 2011 e foi considerado pela imprensa local como uma “Enchente Histórica” (Figura 04). Neste evento ocorreram chuvas concentradas, com precipitações acima do previsto para todo o mês. Os resultados do evento (Figura 05) foram considerados um desastre, pois cerca de 150 pessoas foram desalojadas, 61 desabrigadas, ocorreu um óbito e um total de 100,000 pessoas foram diretamente ou indiretamente afetadas.



Figura 04 – Manchete publicada pelo Jornal da época, 2011

Fonte: Folha de Londrina, 2011

Nesta inundação o Parque Arthur Tomas, teve a ponte que passa sobre o ribeirão danificada e suas pistas de caminhada destruídas (Figura 05) pelas águas, ocorrendo o mesmo com as tubulações e outras estruturas.

Já no ano de 2012, as inundações (Figuras 06a, 06b, 06c e 06d) ocorreram também em três pontos dentro da bacia, sendo: Rua Almeida Garret, Rua Bento Munhoz da Rocha Neto e Avenida Ayrton Senna.

Em 2014 um novo evento de inundação fez com que novamente o Ribeirão Cambé, transbordasse, mantendo uma característica de atingir os mesmos espaços, as mesmas ruas e as mesmas avenidas, que sempre inundam.

No ano de 2015, foram registrados dois pontos de ocorrência de inundação, sendo estes localizados nas Avenidas Dez de Dezembro e Higienópolis.

No evento ocorrido no ano de 2016 foram registrados três pontos de inundação, sendo estes: a Avenida Higienópolis, Rua Almeida Garret e Avenida Dez de Dezembro.

As inundações ocorreram mais uma vez em 2017, atingindo as ruas próximas às margens invadindo muitas casas.

**LAGO IGAPO 2 TRANSBORDAM E ATINGEM A AVENIDA HIGIENOPOLIS**



**BARRAGEM TRANSBORDA. INUNDANDO A PISTA DE CAMINHADA**



**A PONTE DO LAGO DO PARQUE ARTHUR THOMAS TAMBEM FOI DANIFICADA**



**NO PARQUE ARTHUR THOMAS A PISTA DE CAMINHADA E AS TUBULACOES FORAM DESTRUÍDAS PELAS INUNDAÇÕES.**



Figura 05 – Destruição e danos causados pelas inundações e alagamento do evento ocorrido em 2011

Fonte: Apostilas da Defesa Civil Municipal de Londrina, 2011

Durante o evento de inundações de 2018 as áreas atingidas foram as Avenidas Dez de Dezembro, Rua Joaquim de Matos, Rua Bento Munhoz, Rua Faria Lima. Cabe destacar, em função do período seco, durante os anos de 2019 e 2020 não ocorreram inundações na bacia estudada.

Como normalmente as águas das inundações atingem avenidas como a Dez de Dezembro, a Higienópolis e a Ayrton Senna, os transtornos provocados se tornam ainda maiores, pois, são importantes vias de ligação de bairros da Zona Sul com o Centro da cidade.

Praticamente todos os eventos ocorridos a partir de 2011 se configuraram como inundações. Todos os anos na estação chuvosa há a preocupação de novos pontos de inundações surgirem, além daqueles que já se tornaram recorrentes, pois poucas soluções tem sido apresentadas pelo poder público para resolver a questão.



Figura 06a – Pista de caminhada inundada, 2012

Fonte: Guilherme Batista, 2012



Figura 06b – Residências inundadas próximas ao Lago II

Fonte: Jeferson Idalgo, 2012



Figura 06c – Inundação próxima a rua Prefeito Faria Lima, entre o Lago 3 e o aterro

Fonte: Luiz Pacheco, 2012.



Figura 06d – O aterro submerso, a água subiu mais de 2metros

Fonte: Paula Skau, 2012.

Aqui cabe uma importante pergunta: quais as causas da ocorrência das inundações na área urbana de Londrina? Por que 80% dos eventos registrados se encontram na bacia do Ribeirão Cambé?

Para entender porque a bacia do Ribeirão Cambé apresnta tantos casos de inundação e porque a grande maioria está atrelado aos Lagos Igapós 1 e 2, foi realizado um trabalho de campo para o aferimento da profundidade dos lagos. Optou-se por averiguar a profundidade nos principais Lagos, em pontos escolhidos de acordo com o melhor acesso, sendo assim, foi efetivada a medição na barragem do Lago 1, na ponte do final do Lago 2, logo após a Avenida Ayrton Senna e, por fim, na travessia da Avenida Rio Branco, localizada no Lago 4.

Para realizar as medidas (Quadro 01), foi utilizada uma corda, com 10,05 m<sup>2</sup> de comprimento, dividida por pequenos nós, que separavam a corda em 21 espaços de 0,5m, com um peso na extremidade que fazia com que a corda permanecesse completamente esticada para melhor precisão da medida. Utilizou-se ainda uma trena para medir os espaços entre os nós que submergiam.

Barragem	Medição da esquerda para direita a cada 10,5m	Diferença Ou Espessura de sedimento acumulado
Pontos de medição		
Lado da represa (com água)	Lado da barragem (sem água)	
1º - 93 cm	1º - seco	-
2º - 1,65 m	2º - 2,65 m	1
3º - 2,63 m	3º - 3,00 m	0,37
4º - 3,60 m	4º - 4,50 m	0,9
5º - 4,50m	5º - 5,00 m	0,5
6º - 4,75 m	6º - 5,25 m	0,5
7º - 4,50 m	7º - 5,30 m	0,8
8º - 3,70 m	8º - 3,50 m	-0,2
9º - 2,40m	9º - seco	-
10º - 1 m	10º - seco	-

Quadro 01 – Medidas da barragem do Lago Igapó 1

Fonte: Vacario, 2018.

De acordo com os resultados das medidas averiguadas na ponte do Lago 2, próximo à Avenida Ayrton Senna, a profundidade fica em torno de 1,15m. Na ponte da Avenida Presidente Castelo Branco a profundidade se estabelece entre 1m na margem direita. A margem, esquerda apresentou profundidade de 1,8. O espaço entre a ponte e a água é de 3,20m de altura.

Através da análise dos dados coletados (Quadro 01), verificou-se que na barragem a margem direita do lago encontra-se mais assoreada que a esquerda, embora é possível verificar que existe um ponto, praticamente no meio da barragem com lama acumulada, salvo esse ponto, a margem esquerda apresenta águas mais profundas e com menor quantidade de lama no fundo, quando comparada com a direita. A quantidade de material acumulado varia de 0,20 centímetros a 1 metro.

Com o trabalho de campo foi possível visualizar que os lagos se encontram muito assoreados e que em determinados lugares se formam pequenas ilhas, as quais podem ser vistas na época mais seca do ano.

O assoreamento dos lagos, a impermeabilização do solo de parte da bacia, somados aos demais fatores de ocupação contribuem para que os eventos de inundação se ampliem e se tornem mais frequentes

Esse é um problema que parece estar longe de solução, pois parece que o poder público estabelece suas ações no sentido de atender os efeitos e não as causas.

Para resolver os problemas de inundação na bacia do Ribeirão Cambé seria necessário desobstruir a passagem das águas, ou seja, reduzir o número de obstáculos

que a mesma encontra na área urbana. São barragens, lagos, aterros, pontes, avenidas, tubulações, assoreamento que atrapalham a livre circulação das águas na superfície.

O poder público precisa propor um plano, que de fato, vise a correção dos problemas de drenagem, resolvendo as causas, para que assim, os efeitos sejam controlados ou minimizados, a fim de causar menos transtornos à população.

## 2 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desta pesquisa foi possível compreender que as inundações na bacia do Ribeirão Cambé têm se tornado um problema urbano sério, afetando a população que nela reside e que por ela passa para chegar ao seu trabalho ou ao local de residência.

Constatou-se que após a década de 1990, houve um aumento nos eventos de inundações e alagamentos, fazendo com que a bacia do Ribeirão Cambé seja a que mais apresenta pontos de inundações em Londrina.

Torna-se importante lembrar que o aumento na ocorrência destes eventos está diretamente ligado às diversas interferências humanas no espaço da bacia hidrográfica, pois, com o desflorestamento, a construção das represas, a ocupação urbana e a impermeabilização do solo efetivaram-se grandes mudanças nas condições naturais do espaço urbano da bacia.

Todas as atividades humanas e as transformações ocorridas na paisagem da bacia, particularmente as relacionadas à construção civil, contribuíram para a liberação de uma carga de sedimentos significativa para os lagos, causando o seu assoreamento e colaborando com o aumento dos casos de inundações .

Uma análise cronológica das intervenções de limpeza dos Lagos Igapó, permite verificar que o “tempo de vida” destas tem diminuído, ou seja, após a década de 1990, com a implantação do Shopping Catuaí e, conseqüentemente, da Gleba Palhano o processo de assoreamento se intensificou e a capacidade de retenção de água e de escoamento diminuiu.

Outro fator importante associado a expansão urbana, é a intensa impermeabilização do solo, que, como já foi discutido, produz um efeito contrário à infiltração, colaborando para o aumento da velocidade do escoamento superficial e, automaticamente, dos picos de cheia no ribeirão e seus lagos.

As ações necessárias são diversas, desde a melhor conservação dos fundos de vale, de todos os afluentes da bacia, ajustes nas construções das represas, sensibilização ou estabelecimento de normas para que a população em suas construções faça sumidouros que auxiliem na infiltração da água.

Quanto à gestão pública municipal, seria necessário que ela realizasse um serviço de prevenção, particularmente nos locais mapeados, desentupindo bueiros, construindo

barreiras de contenção das inundações, estabelecendo planos de infraestrutura que apresentem soluções para os casos vindouros.

O mapeamento das áreas de risco de inundação, a proibição de novas construções em áreas de riscos, elaboração de um sistema de previsão e alerta de inundação nos pontos críticos, a restauração dos rios, restauração das áreas de mata ciliar entre outros planos que deveriam ser implantados.

Desse modo, o estudo aqui apresentado, dos casos de inundações, do Ribeirão Cambé, trouxe algumas informações que colaboram no sentido de um melhor entendimento da dinâmica da bacia em relação a estes eventos.

A pesquisa certamente irá contribuir para a elaboração de futuras pesquisas na área, tendo em vista que, ainda há a necessidade de melhor compreensão da evolução dos casos de inundações.

A situação em que se encontra a bacia do Ribeirão Cambé exige que se façam maiores discussões sobre a ocorrência desses fenômenos, trazendo medidas para solucionar os problemas de drenagens que a mesma apresenta.

## REFERÊNCIAS

ÁGUAS PARANÀ. **Estudo metodológico e projeto para serviços de limpeza e desassoreamento do Lago Igapó, no município de Londrina – PR.** Disponível em: <[http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec\\_ambiente/estudo\\_desassoreamento\\_igapo/g127-04-rt-200-001-ro.pdf](http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_ambiente/estudo_desassoreamento_igapo/g127-04-rt-200-001-ro.pdf)>. Acesso em: 28 maio 2018.

BATISTA, G. **Lago Igapó transborda e fecha ruas em Londrina.** Disponível em:< <https://www.bonde.com.br/bondenews/londrina/lago-igapo-transborda-e-fecha-ruas-em-londrina-230436.html>> Acesso em: 21 jun. 2017.

CHANG, M. M. **Análise temporal do uso e cobertura do solo e a relação com inundações urbanas na bacia do Ribeirão Cambé – Londrina/PR.** 2016. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

DEFESA CIVIL LONDRINA, **Plano de trabalho.** 2011. Cópia única.

LONDRINA - **A Cidade - Hidrografia** . Disponível em: <[http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1251&Itemid=4&limitstart=3](http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1251&Itemid=4&limitstart=3)> Acesso em 12 jul. 2017

LONDRINA. **Lei nº 7.483, de 20 de julho de 1998.** Dispõe sobre o parcelamento do solo para fins urbanos no município de londrina e dá outras providências. Disponível em: <<https://camara-municipal-da-londrina.jusbrasil.com.br/legislacao/372309/lei-7483-98>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

MACIEL M. **Lago Igapó transborda as barragens!** Disponível em: <<http://janela-londrinense.blogspot.com/2011/10/>>. Acesso em: 22 nov. 2017

PEDRO, E. **Salvemos o Lago Igapó.** Disponível em: <<http://blogs.odiaro.com/padredivanpedro/2014/08/20/salvemos-o-lago-igapo/>>. Acesso em: 29 maio 2018.

QUEIROZ, J. A. Entrevista concedida a Ester Paula Leite Vacario, Londrina, 27 set.2017.

ROSENBERGER S. **Forte chuva causa alagamentos em Londrina; confira os principais pontos.** Disponível em: < <https://www.bonde.com.br/bondenews/londrina/forte-chuva-causa-alagamentos-em-londrina-confira-os-principais-pontos-351440.html>> Acesso em: 13 maio 2017.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair. AMARAL, Rosangela do (Orgs). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir.** 2ª ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>>. acesso em: 13 set. 2018

TUCCI, C. COLLISCHONN, W. **Drenagem urbana e controle de erosão.** Disponível em: < [http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros\\_documentos\\_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/SED.PDF](http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/SED.PDF)> Acesso em: 13 maio 2018.

TUCCI, C. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, V. 2, n.2, p. 5-12, jul/dez 1997.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Org.). **Inundações urbanas na América do Sul.** Porto Alegre: ABRH, 2003. Disponível em: <<https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/inbr02803.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

VIEIRA, W. **Londrina PR.** Disponível em: <<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=997661&page=919>> Acesso em: 12 ago. 2017.

## MEDIÇÃO EXPERIMENTAL E MODELAGEM TERMODINÂMICA DO EQUILÍBRIO LÍQUIDO-LÍQUIDO DE SISTEMAS CONTENDO ETANOL, ACETATO DE ETILA E ÁGUA

*Data de aceite: 04/01/2021*

### **Natalia Inacio Lourenço**

Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, SP, Brasil

### **Edson Massakazu de Souza Igarashi**

Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, SP, Brasil

### **Pedro Felipe Arce-Castillo**

Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, SP, Brasil

**RESUMO:** Uma grande parte de pares de espécies químicas, quando misturadas em certa proporção, acaba não formando apenas uma única fase líquida, mas duas com diferentes composições. Uma vez que essas fases estão em equilíbrio, o fenômeno é chamado de equilíbrio líquido-líquido. Esse comportamento é de muita importância nos processos de separação na engenharia química, principalmente na extração com solvente ou extração líquido-líquido. Neste trabalho, foram realizados ensaios experimentais a duas temperaturas distintas, sob pressão atmosférica, do equilíbrio líquido-líquido de um sistema ternário composto por água, etanol e acetato de etila, assim como a modelagem termodinâmica para comparação desses resultados utilizando os modelos Non Random Two-Liquids (NRTL) e o método Universal Quasi-Chemical (UNIQUAC). A parte experimental foi realizada em duas etapas para cada temperatura.

A primeira etapa consistiu na construção da curva binodal (curva de calibração) do sistema ternário e a segunda na construção das linhas de amarração. Na curva de calibração, conhecendo as composições da curva binodal (ponto de névoa) foram obtidos os índices de refração (princípios de refratometria). Para as linhas de amarração, conhecendo a curva de calibração e os índices de refração de cada fase líquida, as composições de equilíbrio foram determinadas. Foi utilizada a abordagem gamma-gamma ( $\gamma$ - $\gamma$ ) na modelagem termodinâmica utilizando os modelos NRTL e UNIQUAC, a fim de avaliar os resultados obtidos de cada modelo. Com o procedimento descrito anteriormente, montou-se o diagrama ternário dos sistemas, contendo a curva binodal e as linhas de amarração. Os resultados da modelagem termodinâmica foram comparados com os valores experimentais e os desvios das composições da fase mais leve foram muito baixos para ambos os modelos termodinâmicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Equilíbrio líquido-líquido, abordagem gamma-gamma, NRTL, UNIQUAC.

## 1 | INTRODUÇÃO

Quando pares de espécies químicas são misturados originando duas fases líquidas com diferentes composições que estão em equilíbrio entre si, tem-se o fenômeno denominado equilíbrio líquido-líquido. Este conceito possui muita aplicação em processos químicos, como extrações líquido-líquido (Silva, 2010). Nesta extração, a separação está relacionada com a

distribuição do soluto pelas duas fases imiscíveis (ou parcialmente miscíveis) em contato. A alimentação líquida é misturada com o solvente da extração e o soluto dessa alimentação se distribui de maneira desigual entre o solvente e o diluente da alimentação, passando preferencialmente para o novo solvente adicionado. Solvente e diluente devem ser o mais imiscível possível (total ou parcialmente imiscíveis) (Ghanadzadeh e t.al., 2012; Wang et al., 2016; Pinto, 2016).

Neste estudo, é proposta a modelagem termodinâmica dos dados obtidos experimentalmente do sistema ternário composto por água, etanol e acetato de etila, a duas temperaturas diferentes, utilizando os modelos NRTL (Renon e Prausnitz, 1968) e UNIQUAC (Abrams e Prausnitz, 1975) por meio da abordagem gamma-gamma. Os dados experimentais foram avaliados pelas correlações de Hand (Hand, 1930) e de Othmer-Tobias (Othmer e Tobias, 1942) antes de serem submetidos à modelagem termodinâmica.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Experimental

A parte experimental consiste em duas partes: a construção da curva binodal junto com a construção da curva de calibração do sistema e a construção das linhas de amarração (tie lines). É importante salientar que é essencial o controle da temperatura em ambas as partes desse experimento. Por isso, é necessário que elas sejam feitas na célula de extração conectadas ao banho ultratermostático. As propriedades dos reagentes utilizados estão listadas na Tabela 1.

Componente	T = 26°C		T = 30°C	
	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	IR	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	IR
Etanol	0.785	1.3609	0.781	1.3580
Água	0.994	1.3330	0.992	1.3316
Acetato de etila	0.893	1.3716	0.888	1.3678

Tabela 1. Propriedades medidas dos reagentes utilizados.

O aparato experimental consiste em um banho ultratermostático ligado a uma ou mais células de equilíbrio (podem ser colocadas em série), agitadores magnéticos e termômetro (Figura 1.a). A célula de equilíbrio (Figura 1.b) tem septos, (1) e (2), por onde se retiram as amostras, (3) e (4) para entrada e saída da água do banho ultratermostático e (5) é a abertura da parte superior, por onde se adicionam os reagentes e mede-se a temperatura da solução.

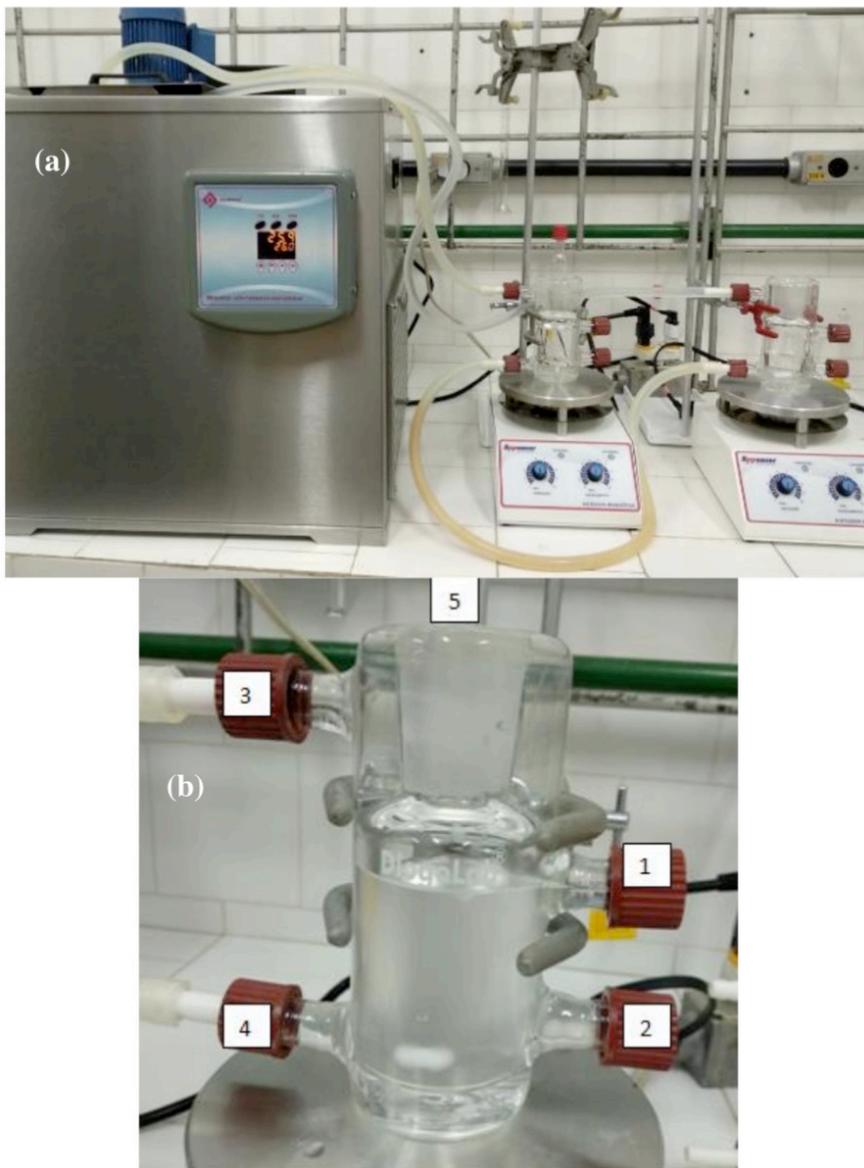


Figura 1. Esquemática do equipamento e célula de equilíbrio líquido-líquido.

A curva de calibração foi feita a partir de soluções de concentrações conhecidas, medindo o índice de refração e o relacionando às concentrações dos compostos envolvidos. No equilíbrio, a amostra da solução bifásica tem composição desconhecida, sendo possível medir o índice de refração de ambas as fases pelo refratômetro e, a partir da curva de calibração, se obter a composição de equilíbrio da solução. A amostra de cada fase permite obter a linha de amarração.

Para a construção da curva binodal, foram preparadas misturas de diferentes proporções volumétricas de etanol e de acetato de etila para que fossem tituladas com água, e de etanol e de água para a titulação com acetato de etila. A solução preparada foi colocada dentro da célula de equilíbrio junto com um agitador magnético, sobre uma chapa magnética (para manter em constante agitação). Iniciou-se a titulação, parando apenas quando a solução alcançou um ponto de turbidez que permanecesse por, no mínimo, dois minutos. Os volumes titulados foram registrados e convertidos para fração molar e o índice de refração da mistura foi medido, colocando-se uma amostra da solução no refratômetro. A Tabela 2 mostra as frações molares das soluções tituladas, o volume usado do titulante e o índice de refração medido. Essas composições foram colocadas em um diagrama ternário para construção da curva binodal. É fundamental que todo o processo seja realizado com o controle de temperatura.

Foram feitas soluções com volumes diferentes de água, acetato de etila e etanol, conforme mostra a Tabela 2. Essas soluções foram colocadas sob agitação magnética por cerca de 10 minutos, à temperatura constante por meio do banho termostático, e deixadas em repouso até a completa separação das fases (cerca de duas horas). O controle de temperatura foi mantido durante o tempo de repouso.

## 2.2 Teste de Avaliação dos dados experimentais do ELL.

Costuma-se utilizar dois métodos para avaliar os dados experimentais obtidos no equilíbrio líquido-líquido. As correlações de Hand (1930) e Othmer e Tobias (1942) são aplicadas geralmente a sistemas líquido-líquido em que os componentes A (solvente) e C (diluyente), sendo B o soluto, são pouco solúveis entre si. As expressões matemáticas dessas duas correlações são:

$$\ln \left( \frac{x_B^A}{x_A^A} \right) = k_H \ln \left( \frac{x_B^C}{x_C^C} \right) + \text{const}_H \quad (1)$$

$$\ln \left( \frac{1-x_A^A}{x_A^A} \right) = k_{OT} \ln \left( \frac{1-x_C^C}{x_C^C} \right) + \text{const}_{OT} \quad (2)$$

Onde x representa a fração molar, os sobrescritos A e C representam as fases do solvente e do diluyente, respectivamente, e os subscritos representam os componentes. Pela aplicação da regressão de mínimos quadrados, tem-se as constantes, onde o coeficiente de determinação,  $R^2$ , indica a qualidade dos dados obtidos.

## 2.3 Coeficiente de distribuição (D) e Fator de separação (S)

A separação eficiente do soluto, a partir de soluções aquosas ou orgânicas, é um conceito importante na indústria de processos. Para avaliar a capacidade de extração dos solventes para a separação do soluto a partir de soluções (diluentes) por meio da extração líquido-líquido, o fator de separação (S) é uma importante variável de processo. O fator de separação é definido como a razão dos coeficientes de distribuição do soluto ( $D_2$ ) para o

dilute (D<sub>1</sub>),  $S = D_2/D_1$ . Os coeficientes de distribuição  $D_1 = x_{13}/x_{11}$  e  $D_2 = x_{23}/x_{21}$  são obtidos das linhas de amarração do sistema. As frações molares  $x_{13}$  e  $x_{23}$  correspondem ao diluente e soluto na fase do solvente, respectivamente; enquanto  $x_{11}$  e  $x_{21}$  são as frações molares do diluente e soluto na fase do diluente, respectivamente.

## 2.4 Modelagem termodinâmica

A equação que descreve o equilíbrio entre duas fases líquidas pode ser representada em termos da abordagem gamma-gamma (baixas pressões) (Brignole e Pereda, 2013), assim:

$$\gamma_i^\alpha x_i^\alpha = \gamma_i^\beta x_i^\beta \quad (3)$$

Onde  $\gamma_i^\alpha$  e  $\gamma_i^\beta$  são os coeficientes de atividade do componente i nas duas fases e  $x_i^\alpha$  e  $x_i^\beta$  as respectivas frações molares. Os coeficientes de atividade podem ser calculados pelos modelos Non Random Two Liquids (NRTL), que utiliza o conceito de composição local, e UNiversal QUase Chemical (UNIQUAC), modelo que tem como base teórica a mecânica estatística.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Curva de Calibração.

Os valores das composições do sistema ternário e os índices de refração (IR) correspondentes à curva de calibração são apresentados na Tabela 2 e na Figura 2.

T = 26°C				T = 30°C			
x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	IR	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	IR
0.8653	0.0000	0.1347	1.3712	0.8647	0.0000	0.1353	1.3676
0.7814	0.0299	0.1886	1.3713	0.7707	0.0296	0.1997	1.3674
0.7081	0.0794	0.2125	1.3707	0.6698	0.0752	0.2551	1.3673
0.5857	0.1094	0.3049	1.3709	0.5839	0.1092	0.3069	1.3671
0.3684	0.1549	0.4767	1.3691	0.3657	0.1539	0.4804	1.3655
0.2838	0.1689	0.5473	1.3671	0.2752	0.1640	0.5608	1.3639
0.2166	0.1561	0.6272	1.3665	0.2134	0.1540	0.6326	1.3629
0.1162	0.1294	0.7545	1.3594	0.1221	0.1281	0.7498	1.3579
0.0690	0.1088	0.8223	1.3519	0.0719	0.1081	0.8200	1.3555
0.0341	0.0692	0.8967	1.3506	0.0328	0.0691	0.8981	1.3479
0.0262	0.0323	0.9415	1.3443	0.0209	0.0324	0.9467	1.3411
0.0212	0.0000	0.9788	1.3371	0.0175	0.0000	0.9825	1.3366

Tabela 2. Curvas de calibração em função do IR e as composições no sistema ternário: acetato de etila (1) + etanol (2) + água (3).

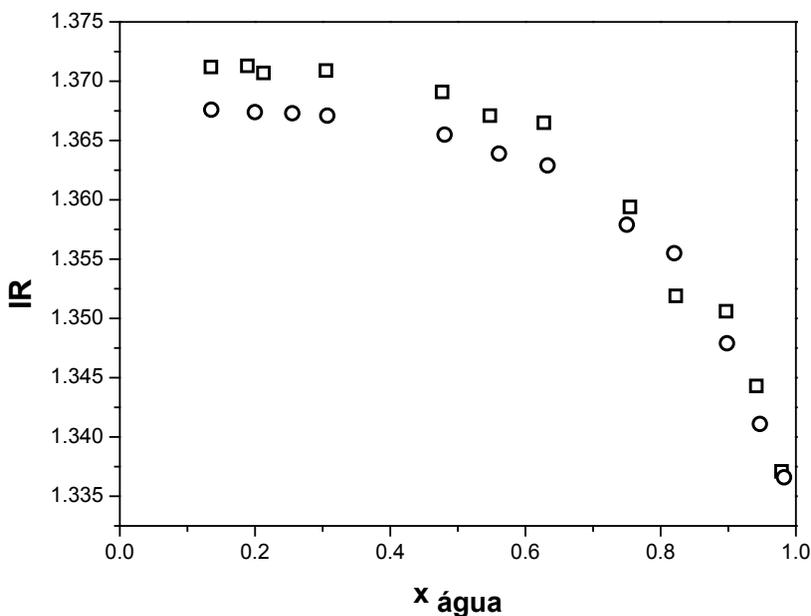


Figura 2. Curvas de calibração: Índice de refração (IR) vs composição da água ( $x_{\text{água}}$ ) para o sistema: acetato de etila + etanol + água: a) 26.0 °C:  $\square$ ; b) 30.0 °C:  $\circ$ .

### 3.2 Experimental

Os dados experimentais, linhas de amarração, foram obtidos através da preparação de soluções com diferentes composições, as quais depois de um determinado tempo de agitação (três horas) à temperatura constante, formaram duas fases líquidas em equilíbrio (ELL). Foram retiradas amostras de cada fase líquida e submetidas à análise de IR. Os resultados de cada fase, em termos de frações molares, são apresentados na Tabela 3.

T (°C)	IR		Fase Orgânica			Fase Aquosa		
	Fase Orgânica	Fase Aquosa	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
26	1.3662	1.4576	0.2347	0.1648	0.6003	0.0958	0.1190	0.7843
	1.3683	1.3535	0.3181	0.1649	0.5169	0.0660	0.0945	0.8393
	1.3696	1.3496	0.4065	0.1538	0.4396	0.0465	0.0706	0.8829
	1.3701	1.3469	0.4581	0.1434	0.3984	0.0362	0.0543	0.9094
	1.3707	1.3457	0.5518	0.1190	0.3290	0.0323	0.0471	0.9205
	1.3711	1.3421	0.6839	0.0753	0.2407	0.0226	0.0259	0.9513

30	1.3649	1.3517	0.3336	0.1592	0.5072	0.0572	0.0860	0.8568
	1.3667	1.3473	0.5396	0.1173	0.3431	0.0378	0.0608	0.9014
	1.3654	1.3507	0.3800	0.1534	0.4667	0.0520	0.0801	0.8679
	1.3663	1.3485	0.4839	0.1323	0.3838	0.0423	0.0674	0.8903
	1.3672	1.3438	0.6238	0.0910	0.2852	0.0270	0.0422	0.9308
	1.3669	1.3450	0.5706	0.1081	0.3213	0.0303	0.0484	0.9212
	1.3640	1.3532	0.2692	0.1623	0.5685	0.0660	0.0951	0.8389

Tabela 3. Índices de refração (IR) e as linhas de amarração do sistema ternário: acetato de etila (1) + etanol (2) + água (3).

### 3.3 Correlação de Hand e Othmer-Tobias

Os resultados da análise da qualidade dos dados experimentais para os testes de Hand e de Othmer-Tobias aparecem na Tabela 4.

T (°C)	Teste de Hand			Teste de Othmer-Tobias		
	$K_H$	$const_H$	$R^2$	$K_{OT}$	$const_{OT}$	$R^2$
26.0	1.5521	-3.3805	0.9862	1.1552	2.6955	0.9889
30.0	2.1048	-4.5015	0.9430	1.3263	-3.1356	0.9403

Tabela 4. Valores das constantes de Hand (H) e Othmer-Tobias (OT) e os coeficientes de determinação obtidos para o sistema ternário.

Os fatores de correlação ( $R^2$ ) para ambos os testes se aproximam à unidade o que indica o grau de consistência dos valores medidos de ELL do sistema: acetato de etila + etanol + água.

### 3.4 Coeficiente de distribuição (D) e Fator de separação (S)

Os valores experimentais do coeficiente de distribuição e do fator de separação são listados na Tabela 5. Desta percebe-se que o fator de separação é maior que um ( $S > 1$ ) para o sistema em estudo às duas temperaturas, o que significa que a extração de etanol por médio do acetato de etila é possível.

T (°C)	S	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
26	1.8094	0.7654	1.3849
	2.8333	0.6159	1.7450
	4.3753	0.4979	2.1785
	6.0282	0.4381	2.6409
	7.0689	0.3574	2.5265
	11.4904	0.2530	2.9073
30	3.1271	0.5920	1.8512
	5.0686	0.3806	1.9293
	3.5614	0.5377	1.9151
	4.5534	0.4311	1.9629
	7.0378	0.3064	2.1564
	6.4036	0.3488	2.2335
	2.5184	0.6777	1.7066

Tabela 5. Fatores de separação experimentais (S) e coeficientes de distribuição do etanol (D<sub>2</sub>).

### 3.5 Modelagem termodinâmica

Os dados experimentais do ELL do sistema ternário acetato de etila + etanol + água foram correlacionados com os modelos NRTL (Renon e Prausnitz, 1968) e UNIQUAC (Abrams e Prausnitz, 1975). Os parâmetros UNIQUAC, r e q, para os três componentes são: para a água: 0,9200 e 1,3997; para o etanol: 2,1054 e 1,9720; e para o acetato de etila: 3,4789 e 3,1159. O parâmetro NRTL de não-aleatoriedade para todos os componentes, a, é 0,300.

As Tabelas 6 e 7 mostram os parâmetros de interação binária para os modelos NRTL e UNIQUAC, em função da temperatura.

	1	2	3
1	0.00	-870.83 + 7692.53/T	353.21 + 1282.31/T
2	115.49 – 4648.11/T	0.00	344.96 – 495.73/T
3	191.23 – 1934.84/T	-249.91 – 667.68/T	0.00

(1) acetato de etila, (2) etanol, (3) água

Tabela 6. Parâmetros de interação binária, a<sub>ij</sub> (cal/mol), do modelo UNIQUAC.

	1	2	3
1	0.00	5350.47 – 161776.08/T	154.63 + 1073.20/T
2	-1922.26 + 54080.41/T	0.00	786.67 – 36276.08/T
3	1337.84 – 5089.31/T	1013.45 – 22475.84/T	0.00

(1) acetato de etila, (2) etanol, (3) água

Tabela 7. Parâmetros de interação binária,  $a_{ij}$  (cal/mol), do modelo NRTL.

O desvio médio quadrático, DMQ, fornece a medida para checar a concordância entre os dados experimentais e os calculados. A equação do DMQ é:

$$DMQ = \sqrt{\sum_k \left( \sum_j \sum_i \frac{(x_{i,exp} - x_{i,calc})^2}{6N} \right)} \quad (4)$$

Onde N é o número total de linhas de amarração,  $x_{exp}$  representa a fração molar experimental,  $x_{calc}$  representa a fração molar calculada e os subscritos i, j e k representam o componente, a fase e a linha de amarração, respectivamente. Os valores do DMQ são apresentados na Tabela 8. Para o sistema ternário pesquisado, as médias do DMQ calculadas com os modelos UNIQUAC e NRTL são 0.00064 e 0.00047. Os valores são bem menores que 5% os quais ilustram que os modelos podem correlacionar com bastante precisão o sistema ternário em estudo. Destes resultados, podemos deduzir que o modelo NRTL é o mais adequado para correlacionar os dados de ELL do sistema acetato de etila + etanol + água, a várias temperaturas.

T	UNIQUAC	NRTL
26.0	0.46	0.83
30.0	0.81	0.10
Média	0.64	0.47

Tabela 8. Valores DMQ (\*1000) para o sistema ternário estudado.

As Figuras 4 e 5 apresentam os dados experimentais e os correlacionados com os modelos NRTL e UNIQUAC para o sistema acetato de etila + etanol + água, às temperaturas de 26,0 e 30,0 °C, respectivamente. O diagrama de fases obtido é do tipo I (Santos, 2015).

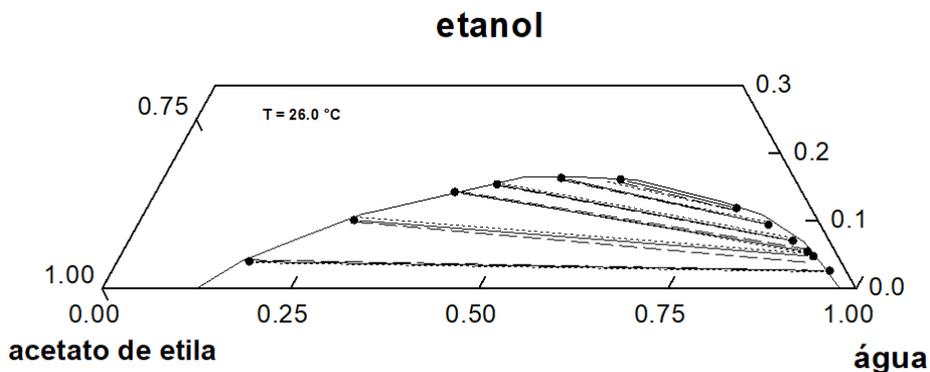


Figura 4. Dados do ELL para o sistema acetato de etila + etanol + água a 26.0 °C. Curva binodal experimental: —; Linha de amarração experimental: —●—; UNIQUAC: ---; NRTL: ..... .

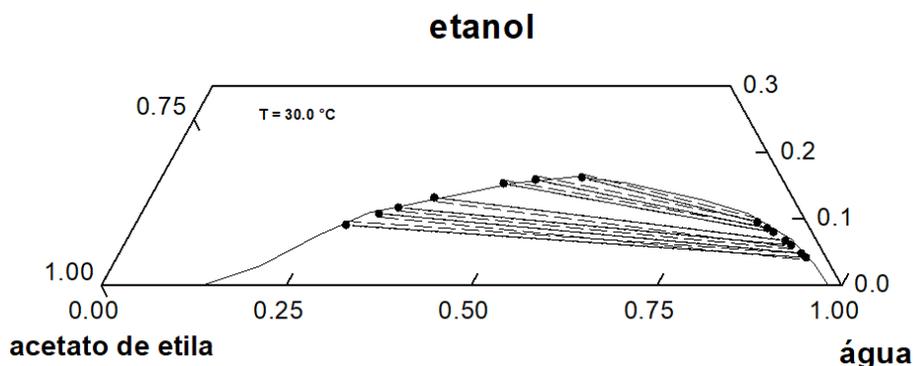


Figura 5. Dados do ELL para o sistema acetato de etila + etanol + água a 30.0 °C. Curva binodal experimental: —; Linha de amarração experimental: —●—; UNIQUAC: ---; NRTL: ..... .

Observa-se das Figuras 4 e 5, que os dados calculados praticamente coincidem com os dados experimentais para ambos os modelos, o qual indica que os resultados correlacionados são consistentes com os resultados experimentais. Confirma-se novamente que os dados experimentais do ELL podem ser calculados pelos modelos NRTL e UNIQUAC com precisão em um intervalo de temperatura e os parâmetros de interação binária tem uma grande credibilidade.

## AGRADECIMENTOS

NIL agradece pela bolsa de Iniciação Científica concedida pela PUB-RUSP, EMSI agradece à CAPES (demanda social, Processo: 88882.379271/2019-1) pela bolsa de doutorado e PFA agradece à FAPESP (Processo: 2015/05155-8)

## REFERÊNCIAS

BRIGNOLE, E.; PEREDA, S. Phase Equilibrium Engineering. Included in Series: Supercritical Fluid Science and Technology. Elsevier, 2013.

SILVA, J.R.F. **Equilíbrio líquido-líquido e determinação de Propriedades termofísicas de ésteres de ácidos Graxos**. Dissertação (Mestrado), Engenharia de Alimentos, Uri, Campus de Erechim, Erechim, 2010.

SANTOS, T. V. M. *Construção de curvas binodais para sistemas ternários, contendo biodiesel, álcool e água*; Dissertação (Mestrado), Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2015.

Renon, H; Prausnitz, J.M. Local compositions in thermodynamic excess functions for liquid mixtures. *AIChE J.* 14 (1968), 135-144.

HAND, D. B. Dimeric Distribution. *J. Phys. Chem.* 34 (1930) 1961-2000.

OTHMER, D. F.; TOBIAS, P. E. Tie-line Correlation. *Ind. Eng. Chem.* 34 (1942) 693-696.

ABRAMS D. S., PRAUSNITZ, J. M. Statistical Thermodynamics of Liquid Mixtures : A New expression for the Excess Gibbs Energy of Partly or Completely Miscible Systems. v. 21, n. 1, 116-128, 1975.

H. Ghanadzadeh, A. Ghanadzadeh, M. Janbaz, S. Shekarsaraee. Experimental determination and correlation of tie line data for the system (water+ butyric acid+ methylcyclohexane) at four temperatures. *Fluid Phase Equilibria* 332 (2012) 151-158.

Baohe Wang, Mingjie Rong, Pinpin Wang, and Shuang Chen. Liquid-Liquid Equilibria for the Ternary System n-Butyl Acetate + Pyrocatechol + Water at Different Temperatures at 101.3 kPa. *J. Chem. Eng. Data* 2016, 61, 3184-3189.

RAFAELA ROCHA PINTO. Equilíbrio líquido-líquido em sistemas ternários com Líquidos Iônicos baseados no íon amônio, incluindo a síntese e purificação dos mesmos. Dissertação (mestrado), Engenharia Química, UNICAMP, Campinas, 2016.

# CAPÍTULO 14

## MODIFICAÇÃO NA ESTRUTURA MOLECULAR DO ÁCIDO SALICÍLICO E BIOENSAIOS TOXICOLÓGICOS FRENTE A LARVAS DE *Artemia salina* LEACH

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 05/11/2020

**Juliano Carlo Rufino Freitas**

Universidade Federal de Campina Grande

Cuité - Paraíba

<http://lattes.cnpq.br/6552913556583647>

**Carlos Eduardo Rodrigues Aguiar**

Universidade Federal de Campina Grande

Cuité - Paraíba

<http://lattes.cnpq.br/7023888006326924>

**Yasmim dos Santos Alves**

Universidade Federal de Campina Grande

Cuité - Paraíba

<http://lattes.cnpq.br/1807428597315765>

**Tatiana de Almeida Silva**

Universidade Federal de Campina Grande

Cuité - Paraíba

<http://lattes.cnpq.br/0891792122302288>

**Bruna Barbosa Maia da Silva**

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Recife – Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/7111104760044442>

**Jaqueline Ferreira Ramos**

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Recife – Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/3912387836657361>

**Josefa Aqueline da Cunha Lima**

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Recife – Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/3214694428691890>

**Jadson de Farias Silva**

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Recife – Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/652881137790868>

**RESUMO:** Os produtos naturais são utilizados pelo homem desde os primórdios da humanidade, para cura ou alívio de doenças, o que resultou no acúmulo milenar de conhecimentos. Isto originou a fitoterapia, que se baseia na premissa de que as plantas contêm substâncias naturais que podem promover a saúde. Atualmente foi possível isolar princípios ativos de plantas e estudar seu mecanismo de ação. Entre um dos mais importantes princípios ativos, tem-se o ácido salicílico extraído da *Salix alba*, que apresenta diversas atividades biológicas a citar anti-inflamatória. E com o auxílio da química sintética foi possível sintetizar um derivado desse composto, o ácido acetilsalicílico, o qual apresenta uma toxicidade inferior. Com a descoberta de novos compostos se faz necessário estudos sobre suas propriedades, incluindo sua toxicidade, um teste muito utilizado para detecção da toxicidade aguda o bioensaio toxicológico frente a larva de *Artemia salina*, para descoberta da de Concentração Letal necessária para matar 50% dos indivíduos ( $CL_{50}$ ) presente no meio de estudo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar modificações estruturais no ácido salicílico através da reação de alquilação com o bromo acetato de etila e realizar bioensaios toxicológicos dos produtos obtidos frente *A. salina*. O produto da reação de alquilação apresentou bom rendimento de 64,32% e tempo reacional

de 2 horas. A toxicidade do produto foi considerada moderadamente tóxica. Portanto, são necessários mais estudos sobre o potencial terapêutico sobre essas substâncias, para a descoberta de novos candidatos a fármacos.

**PALAVRAS-CHAVES:** Ácido salicílico, Química sintética, Alquilação, *Artemia salina*.

## MODIFICATION IN THE MOLECULAR STRUCTURE OF SALICYLIC ACID AND TOXICOLOGICAL BIOASSAYS AGAINST LARVAE OF *Artemia salina* LEACH

**ABSTRACT:** The natural products are used by man since the beginning of mankind, for healing or relief of diseases, which resulted in the millenary accumulation of knowledge. This originated the phytotherapy, which is based on the premise that plants contain natural substances that can promote health. Currently it was possible to isolate active principles of plants and study their mechanism of action. Among one of the most important active principles, there is the salicylic acid extracted from *Salix alba*, which presents several biological activities to mention anti-inflammatory. And with the help of synthetic chemistry it was possible to synthesize a derivative of this compound, the acetylsalicylic acid, which presents a lower toxicity. With the discovery of new compounds, it is necessary to study their properties, including their toxicity, a test widely used to detect acute toxicity the toxicological bioassay against the larvae of *Artemia salina*, to discover the lethal concentration necessary to kill 50% of individuals (CL50) present in the study medium. Thus, the objective of this work was to perform structural modifications in salicylic acid through the alkylation reaction with ethyl acetate bromine and to perform toxicological bioassays of the products obtained in front of *A. salina*. The alkylation reaction product presented a good yield of 64,32% and a reaction time of 2 hours. The toxicity of the product was considered moderately toxic. Therefore, further studies on the therapeutic potential of these substances are necessary for the discovery of new drug candidates.

**KEYWORDS:** Salicylic acid, Synthetic chemistry, Alkylation, *Artemia salina*.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os produtos naturais são utilizados pelo homem desde primórdios da humanidade. A busca por alívio e cura de doenças pela ingestão de partes da planta, tem sido uma das primeiras formas de utilização de produtos naturais. O uso de plantas no tratamento de enfermidades é uma prática muito antiga, que se tornou bastante comum, resultando no acúmulo milenar de conhecimentos empíricos sobre as ações dos vegetais, através de sucessivas gerações, sendo uma prática generalizada na medicina popular em todas as culturas desde as civilizações mais imemoriais (RIBEIRO, 2018).

Muitas dessas civilizações têm sua importância no desenvolvimento de drogas naturais, a citar a Egípcia, Greco-Romana e a Chinesa. Esta última desenvolveu-se com grande eficiência que até os dias atuais muitas espécies e preparados vegetais medicinais são estudados, sendo possível isolar princípios ativos, caracterizar quimicamente as drogas, desvendar o mecanismo de ação das mesmas, e com o auxílio da química sintética foi possível sintetizar novos compostos (JÚNIOR; BOLZANI; BARREIRO, 2006; JAMSHIDI-KIA; LORIGOOINI; AMINI-KHOEI, 2018).

A fitoterapia se baseia na premissa de que as plantas contêm substâncias naturais que podem promover a saúde. Dessa forma, os produtos naturais são fontes significativas de substâncias terapêuticas, como ervas medicinais tradicionais e drogas sintéticas, e são o principal sistema de cuidados da saúde, por ter a sua eficácia farmacológica comprovada. Nos últimos anos, as pesquisas envolvendo plantas medicinais aumentaram em nível mundial, e um grande conjunto de evidências foram coletadas indicando o seu imenso potencial para saúde humana (PONUGOTI, 2018).

Os salicilatos são produtos utilizados a mais de 2000 anos, sendo extraídos principalmente da planta *Salix alba*, popularmente conhecida como salgueiro branco ou salgueiro chorão. O principal produto obtido do extrato desta planta é a salicina, que tem sido amplamente usada para tratar condições associadas à dor, inflamação ou febre, essa ao ser metabolizada no fígado, se transforma em ácido salicílico, que é o principal responsável pelos efeitos farmacológicos no organismo (SHARA; STOHS, 2015).

O ácido salicílico ou ácido orto-hidroxi-benzóico é outro salicilato, que pertence a um grupo variado de compostos fenólicos bem conhecidos no reino vegetal. O ácido salicílico está presente nas plantas como ácido fenólico livre e na forma conjugada. Na indústria, este tem como precursor o aminoácido fenilalanina e por meio de reações de lises e hidroxilação desse aminoácido, se obtém o ácido salicílico (HAYAT; AHMAD; ALYEMENI, 2013).

Contudo vários produtos de origem natural e respectivos derivados sintéticos, foram desenvolvidos com sucesso para aplicação clínica no tratamento de doenças. Como exemplo o ácido salicílico, cujo derivado mais importante clinicamente é o ácido acetilsalicílico (AAS), um fármaco que apresenta atividade analgésica, anti-inflamatória e antipirética, além de apresentar menos efeitos colaterais que seu precursor (DESBOROUGH; KEELING, 2017).

Provavelmente, o marco mais importante para o desenvolvimento dos fármacos, a partir de produtos naturais, tenha sido o descobrimento dos salicilatos, a partir das pesquisas desenvolvidas por Edwarde Stome que provou sua casca de sabor amargo, e associou ao extrato de cinchona. Seis anos após esta descoberta ele anunciou à sociedade os resultados da sua observação clínica, mostrando os efeitos farmacognósticos do extrato da planta *S. alba*. Em 1828 Johaann Andreas Buchner, conseguiu isolar uma amostra pequena da salicina do extrato *S. Alba*, contudo apenas em 1860 que Hermann Kolbe sintetizou o ácido salicílico a partir da salicina (LIMA; ALVIM, 2018).

Em 1897 Felix Hoffmann, um químico alemão, sintetizou um composto a partir do ácido salicílico, com o objetivo de tratar artrite reumatoide e diminuir a irritação gástrica causada pelo ácido salicílico. Esta síntese foi por meio da acetilação do ácido salicílico com o anidrido acético, gerando o AAS, que além de causar menos irritação que o seu precursor, também apresenta um sabor doce, que melhora na adesão ao tratamento (SNEADER, 2000).

O AAS ficou mundialmente conhecido como Aspirina®, nome dado pela empresa alemã Bayer. O seu descobrimento marcou de certa forma o final do primeiro período, onde

a busca por substâncias naturais terapeuticamente úteis era feita ao acaso, em relação ao segundo período que foi baseado na relação estrutura-atividade de cada substância (JÚNIOR; BOLZANI; BARREIRO, 2006).

Dessa forma, as modificações estruturais em produtos naturais é uma ferramenta bastante importante para a descoberta de novos candidatos a fármacos, que tenham efeito superior ao protótipo e garantam que sua eficácia seja mais elevada que aos efeitos indesejáveis já apresentados pela molécula referência (SANTOS; VALE; COSTA, 2017). Mas vale ressaltar que a busca por novos agentes terapêuticos é uma tarefa bastante árdua e para que uma dessas substâncias chegue ao mercado farmacêutico, ela é submetida a diversos ensaios biológicos, a citar os ensaios toxicológicos.

Um ensaio toxicológico utilizado atualmente, é o ensaio de toxicidade frente a larvas de *Artemia salina*, elaborado por Meyer e colaboradores (1982), os quais utilizaram as artêmias em ensaios de toxicidade aguda para uma pesquisa preliminar de atividade biológica de extratos e frações obtidos a partir de produtos naturais. A *A. salina* é um microcrustáceo zooplânctônico encontrada principalmente em ambientes marinhos, devido a necessidade de água salgada para sobrevivência. Este é um importante elo na cadeia alimentar e possui, em particular, importância na aquicultura, fazendo parte da alimentação dos peixes, e isto é possível graças a sua grande distribuição geográfica e alta adaptabilidade (MEDEIROS et al., 2018).

Esses microcrustáceos podem ser utilizados no monitoramento da citotoxicidade de produtos, devido a semelhança estrutural com células humanas, além de ser um método barato, rápido, simples e sensível a substâncias tóxicas. Desse modo, os resultados com valores de Concentração Letal necessária para matar 50% dos indivíduos ( $CL_{50}$ ) inferiores a 100  $\mu\text{g/mL}$  são considerados altamente tóxicas, valores entre 100 e 500  $\mu\text{g/mL}$  são moderadamente tóxicas, entre 500 e 1000  $\mu\text{g/mL}$  são levemente tóxicas e acima de 1000  $\mu\text{g/mL}$  possuem baixa toxicidade ou atóxicas (MERINO et al., 2015).

Ademais, o bioensaio envolvendo a *A. salina* é bastante utilizado, também, como indicador de toxicidade aguda, se tornando essencial para estudos de substâncias que possam indicar uma possível atividade biológica, como em extratos e frações advindos de produtos naturais, sendo constantemente aplicado na verificação da segurança do uso de plantas na medicina tradicional popular, como já mencionado, e facilitando o direcionamento de estudos na descoberta de novos fármacos (POMPILHO; MARCONDES; OLIVEIRA, 2014; MEDEIROS et al., 2018).

As reações que promovem as modificações estruturais de moléculas biologicamente ativas oriundas de fontes naturais são umas das principais ferramentas na busca de novos candidatos a fármacos, bem como na otimização das atividades, mecanismo de ação, melhorias nas propriedades físico-químicas e diminuição dos efeitos adversos, de forma a propiciar melhor absorção, distribuição, biodisponibilidade e

metabolismo. Esses atributos são de extrema importância no desenvolvimento de um novo medicamento (RAUTIO et al., 2018).

Portanto, o objetivo do presente estudo foi realizar a modificação estrutural no ácido salicílico, por meio da reação de alquilação com o bromoacetato de etila, posteriormente submeter o produto da reação ao bioensaio toxicológico frente a larvas de *A. salina*.

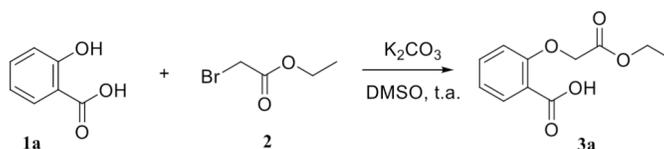
## 2 I METODOLOGIA

### 2.1 Modificação estrutural

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Síntese Orgânica presente no Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande – Cuité/PB e constituiu-se na adição de uma função éster no oxigênio do grupo hidroxila, conectado ao anel aromático. O ácido salicílico (1a) foi utilizado como reagente limitante, e o bromoacetato de etila (2) como reagente em excesso.

A reação de alquilação, foi realizada com interesse na síntese do composto 3a (ácido 2-(carboximidoxi) benzoico), esta com o substrato 2 em presença de carbonato de potássio ( $K_2CO_3$ ) e utilizou-se dimetilsulfóxido (DMSO) como solvente, como pode ser observado no Esquema 01.

Para a síntese do composto 3a, foram pesados 5,0 mmols (0,691g) do ácido salicílico (1a) e transferido para um balão de fundo redondo contendo 10 mL de DMSO. Posteriormente adicionou-se ao balão 5,0 mmols (0,691g) de  $K_2CO_3$ . À esta mistura reacional foi adicionado rapidamente 5,5 mmols (0,92g) de bromo acetato de etila (2). A reação foi submetida a agitação, em uma chapa agitadora, à temperatura ambiente durante o tempo requerido, que foi verificado por cromatografia de camada delgada (CCD).



Esquema 01: Reação de alquilação do ácido salicílico com o bromoacetato de etila.

Fonte: Próprios autores, 2020.

Após o término da reação, o composto 3a foi submetido à separação de fases, que consistiu na separação da fase aquosa da fase orgânica. A mistura reacional foi transferida do balão para um funil de separação e foram adicionados 25 mL de solução supersaturada de  $NH_4Cl$ . A fase orgânica foi separada com acetato de etila (3 x 25 mL).

Posteriormente à separação, foi adicionado sulfato de sódio anidro na fase orgânica para retirar qualquer resquício de água, e em seguida a mesma fase foi filtrada, o solvente foi removido em evaporador rotativo à pressão reduzida para obtenção do produto seco. O produto final foi purificado por cromatografia líquida em coluna de sílica utilizando 15 cm (altura da quantidade da fase estacionária) de sílica-gel 60, hexano e acetato de etila como solventes da fase móvel. Os solventes utilizados na purificação foram destilados conforme a metodologia de Armarego e Perrin (1996).

## 2.2 Caracterização

O composto 3a foi caracterizado pelas técnicas espectroscópicas usuais de Ressonância Magnética de Próton e Carbono (RMN  $^1\text{H}$  e RMN  $^{13}\text{C}$ ). A caracterização foi realizada na Central Analítica da Universidade Federal de Pernambuco – Recife/PE, em um espectrômetro *models Unitty Plus* (400 MHz e 300 MHz) utilizando trimetilsilano (TMS) como padrão interno e clorofórmio deuterado ( $\text{CDCl}_3$ ) como solvente.

## 2.3 Bioensaios toxicológicos com *Artemia salina* Leach

A partir da interpretação dos dados da caracterização e respectiva confirmação da estrutura do composto 3a, realizou-se o ensaio biológico do mesmo frente à *Artemia salina* Leach baseado no estudo de Meyer e colaboradores (1982). Para o composto 3a, utilizou-se 20 mg e foi adicionado 50  $\mu\text{L}$  de dimetilsulfóxido (DMSO). Posteriormente, a solução foi homogeneizada e o volume completado para 20 mL com água salinizada filtrada (preparada a partir de 38 g de sal marinho Marinex® em 1 L de água destilada) em pH = 8,0. Desta solução serão retiradas alíquotas de 125, 250, 500, 750, 1000, 1125 1250 e 1875  $\mu\text{L}$  e transferidas para tubos de ensaios de 5 mL e os volumes completados com o mesmo solvente, obtendo-se as concentrações de 50, 100, 200, 300, 400, 450, 500 e 750  $\mu\text{g/mL}$  para a solução da amostra. O teste foi acompanhado por controle positivo, com dicromato de potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) e controle negativo com água salinizada e DMSO. Os cistos da *Artemia salina* (20 mg) foram incubados sob iluminação artificial por 48 horas para que houvesse a eclosão das larvas e estas foram separadas em dez grupos com 10 artêmias cada. O primeiro e o segundo grupo receberam a solução controle positivo e controle negativo e as oito seguintes receberam a solução aquosa do composto em diferentes concentrações. As amostras ficaram submetidas à iluminação artificial durante 24 horas. Após este período, contabilizou-se as larvas vivas e mortas. O experimento foi realizado em triplicata para cada substância-teste.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o início da reação, foi analisado o tempo em que cada substrato levou para completar a reação com o bromoacetato de etila. Esta etapa teve auxílio da CCD para verificar o fim da reação. Após o término, o produto passa pelo processo de purificação e

posteriormente é pesado, para que possa ser obtido o rendimento de reacional. Os valores obtidos de tempo e rendimento são mostrados na Tabela 01.

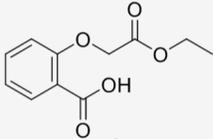
SUBSTRATO	TEMPO (MIN)	RENDIMENTOS (%)	ESTADO FÍSICO
	150 min	64,32%	Oleoso

Tabela 01: Parâmetros analisados de tempo, rendimento e aspecto físico

Fonte: Próprios autores, 2020.

A modificação na estrutura do ácido salicílico pode ser benéfica, como o é o caso da acetilação do mesmo. De acordo com Antunes e colaboradores (2016), o AAS causa menos efeitos colaterais em relação ao seu precursor, que ocasiona irritação na mucosa gástrica. Além do mais, no estudo mostra que a Aspirina® é eficaz na redução de eventos cardiovasculares e na mortalidade cardiovascular.

Cabe ressaltar que a adição de um grupo alquil foi planejada de modo a atenuar a toxicidade do composto, uma vez que na literatura, há histórico de fármacos que possuem uma porção éster, como por exemplo o ácido acetilsalicílico (AAS), que quando comparado ao ácido salicílico, seu precursor que não possui a função éster, é menos tóxico e menos irritante (COSTA, 2019).

As figuras 1 e 2 mostram os espectros de RMN de  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$  do composto **3a**, obtido na forma de um óleo e rendimento de 64,32%, com RMN  $^1\text{H}$  (300 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$  1,31 (t, J = 6,9 Hz, 3H), 4,27. (q, J = 6,9 Hz 2H), 4,86 (s, 2H), 6,88-7,01 (m, 2H), 7,45-7,51 (m, 1H), 7,94 (dd, J = 8,4 Hz e 1,2 Hz, 1H); RMN  $^{13}\text{C}$  (75 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$  39,8, 55,8, 111,1, 114,2, 115,4, 121,1, 131,9, 137,8, 143,9, 146,4.

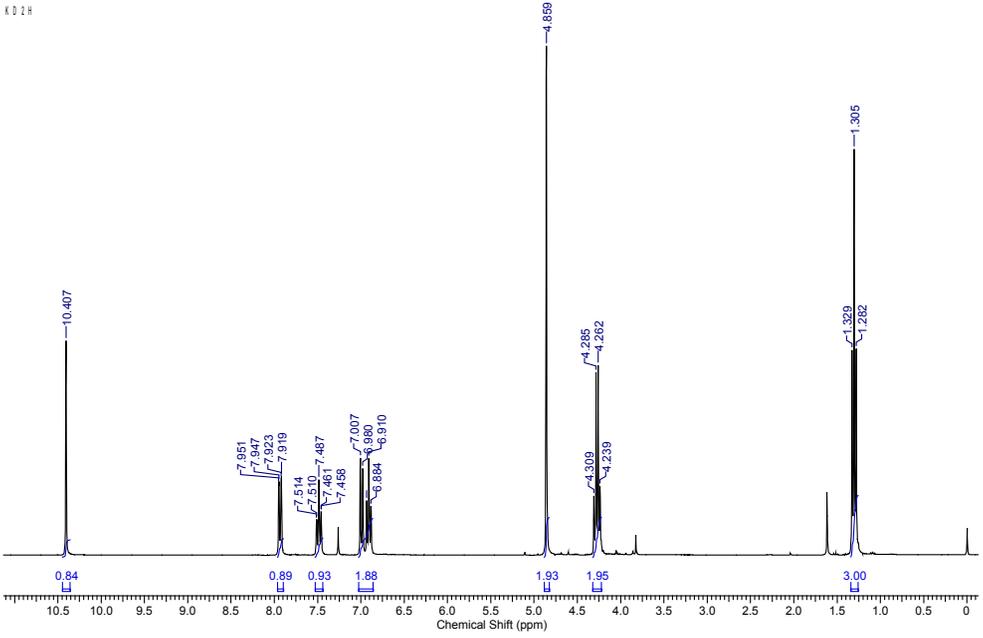


Figura 01: Espectro de RMN  $^1\text{H}$  do composto 3a.

Fonte: Dados da pesquisa.

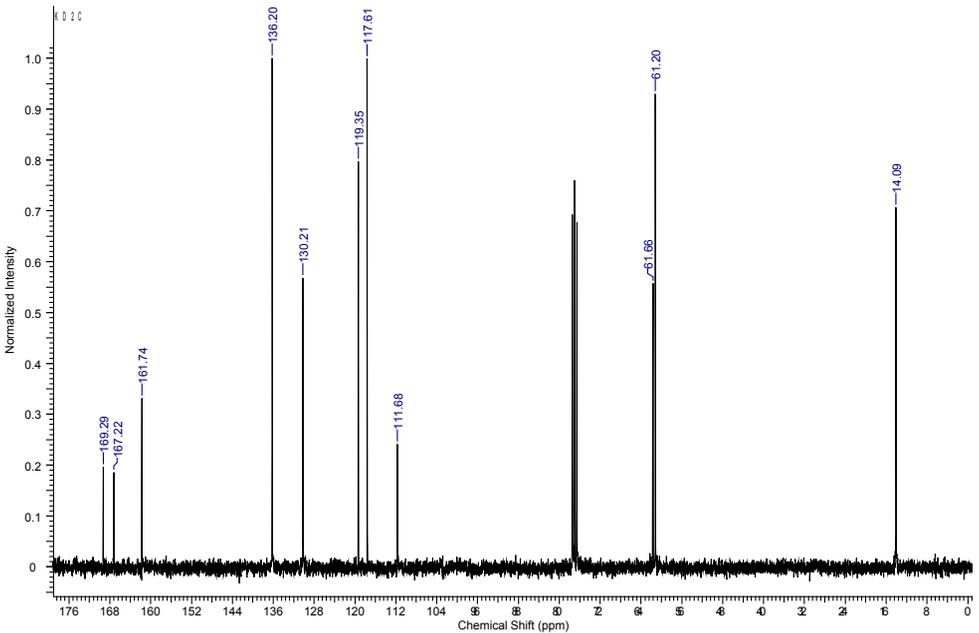


Figura 02: Espectro de RMN  $^{13}\text{C}$  do composto 3a.

Fonte: Dados da Pesquisa.

A avaliação da toxicidade do composto 3a foi testado frente à larva de *A. salina* Leach, no qual o valor da taxa de mortalidade das soluções contendo este composto variou entre 0 e 100 %, planejando determinar a concentração letal para matar metade da população de larvas (CL50), conforme a Tabela 2. Deste modo, a CL50 foi encontrada através do software POLO-PC, com 95% de confiança. Portanto, de acordo com Merino e colaboradores (2015), as amostras com valores de CL50 inferiores a 100 µg/mL são considerados altamente tóxicas, valores entre 100 e 500 µg/mL são moderadamente tóxicas, entre 500 e 1000 µg/mL são levemente tóxicas e acima de 1000 µg/mL possuem baixa toxicidade.

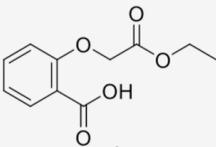
Compostos	CL <sub>50</sub> (µg/mL)
	186

Tabela 02: Valores de CL<sub>50</sub> dos compostos.

Fonte: Próprios autores, 2020.

Segundo estudo realizado por Lima, em 2019, o qual buscou a CL<sub>50</sub> da Aspirina®, encontrou como valor aproximado de concentração letal 120 µg/mL, revelando que o AAS é moderadamente tóxico. O composto 3a obteve uma CL<sub>50</sub> de 186 µg/mL, sendo também moderadamente tóxico, porém demonstrando ser menos tóxico que o AAS.

## 4 | CONCLUSÕES

A reação de alquilação do ácido salicílico foi rápida e apresentou bom rendimento. Além disso, a adição do grupamento alquil, foi planejada, de modo a diminuir a toxicidade do ácido salicílico. A caracterização do composto 3a por RMN de <sup>1</sup>H e <sup>13</sup>C, indica que a reação levou a formação deste composto.

Os resultados do teste de toxicidade frente as larvas de *A. salina*, revelou-se que o composto 3a é menos tóxico comparado ao ácido acetilsalicílico. Essas informações revelam a importância de mais estudos que visem dar continuidade à descoberta dos potenciais terapêuticos que esta molécula e seus derivados possam expressar, se tornando potenciais candidatos a fármacos.

## REFERÊNCIAS

ANTUNES, A. L.; ALBINO, A. J. S.; GUEDES, N. E. F.; CASTRO, G. F. P. **Efeito antiplaquetário do ácido acetilsalicílico em prevenção secundária do infarto agudo do miocárdio**. Revista Transformar. v. 8, p. 179-192, 2016.

ARMAREGO, W. L. F.; PERRIN, D. D. **Purification of Laboratory Chemicals**: 4<sup>a</sup> ed., Oxford: Butterworth-Heinemann, 1996.

COSTA, E. M. **Bases conceituais da saúde**. 6<sup>a</sup> ed. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

DESBOROUGH, M. J. R.; KEELING, D. M. **The aspirin story – from willow to wonder drug**. British Journal of Haematology. v. 177, n. 5, p. 674–683, 2017.

HAYAT, S.; AHMAD, A.; ALYEMENI, M. N. **Salicylic acid: Plant Growth and Development**. 2013<sup>a</sup> ed. Nova York: Springe, 2013.

JAMSHIDI-KIA, F.; LORIGOOINI, Z.; AMINI-KHOEI, H. Medicinal plants: Past history and future perspective. Journal of Herbmed Pharmacology. v. 7, n. 1, p. 1-7, 2018.

JÚNIOR, C. V.; BOLZANI, V. S.; BARREIRO, E. J. **Os produtos naturais e a química medicinal moderna**. Química Nova. v. 29, n. 2, p. 326-337, 2006.

LIMA, A. S.; ALVIM, H. G. O. **Revisão sobre antiinflamatório não - esteroidais: ácido acetilsalicílico**. Revista de Iniciação Científica e Extensão. v. 1, p. 169-174, 2018.

LIMA, L. M. V. **Avaliação toxicológica das apresentações de ácido acetilsalicílico e paracetamol frente à *Artemia salina* leach**. 2019. 43f. Monografia (Bacharelado em Farmácia). Universidade Federal de Campina Grande. Cuité-PB, 2019.

MEDEIROS, H. I. R.; FARIAS, L. S.; OLIVEIRA, R. J.; LIMA, J. A. C.; FREITAS, J. C. R. **Modificação estrutural no eugenol: síntese, caracterização e atividade toxicológica frente à *Artemia salina* leach**. In: Congresso Brasileiro de Ciências da Saúde, 1., 2018, Campina Grande. *Anais*. Campina Grande: Realize, 2018.

MERINO, F.; OLIVEIRA, V.; PAULA, C.; CANSIAN, F.; SOUZA, A.; ZUCHETTO, M.; HIROTA, B.; DUARTE A.; KULIK J.; MIGUEL M.; MIGUEL O. **Análise fitoquímica, potencial antioxidante e toxicidade do extrato bruto etanólico e das frações da espécie *Senecio westermanii* Dusén frente à *Artemia salina***. Revista brasileira de plantas medicinais, v. 17, n. 4, p. 1031-1040, 2015.

MEYER, B. N.; FERRIGNI, N. R.; PUTNAM, J. E.; JACOBSEN, L. B.; NICHOLS, D. E.; MCLAUGHLIN, J. L. **Brine Shrimp: A convenient general bioassays for active plant constituents**. Planta Médica, v.45, n.1, p.31-34, 1982.

MONTANARI, C. A.; BOLZANI, V. S. **Planejamento racional de fármacos baseado em produtos naturais**. Química Nova. v. 24, n. 1, p. 105-111, 2001.

POMPILHO, W. M.; MARCONDES, H. C.; OLIVEIRA, T. T. **Bioatividade de três espécies vegetais nativas da Floresta Atlântica brasileira frente ao microcrustáceo *Artemia salina***. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v. 16, n. 3, p. 473-480, 2014.

PONUGOTI, M. **A pharmacological and toxicological review of *Lawsonia inermis***. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. v. 9, n. 3, p. 902-915, 2018.

RAUTIO, J.; MEANWELL, N. A.; LI, D.; HAGEMAN, M. J. The expanding role of prodrugs in contemporary drug design and development. Nature Reviews Drug Discovery. v. 17, n. 8, p. 559-587, 2018.

RIBEIRO, S. S. L. **Estudo etnobotânico de plantas medicinais em uma área de caatinga na Paraíba**. 2018. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização - Gestão em Recursos Ambientais do Semiárido – GRAS). Instituto Federal de Educação Tecnológica da Paraíba (IFPB). Picuí, 2018.

SANTOS, R. B.; VALE, W. F. S.; COSTA, C. L. S. **Planejamento estrutural, desenvolvimento e análise de propriedades farmacocinéticas *in silico* de análogos do ácido salicílico para fins cosméticos**. Estação Científica (UNIFAP). v. 7, n. 1, p.103-112, 2017.

SHARA, M.; STOHS, S. J. **Efficacy and Safety of White Willow Bark (*Salix alba*) Extracts**. Phytotherapy Research. v. 29, p. 1112-1116, 2015.

SNEADER W. **The discovery of aspirin: a reappraisal**. *BMJ*. v. 321, p. 1591–1594, 2000.

# CAPÍTULO 15

## O USO DO SIG NO DESENVOLVIMENTO DOS GRUPOS DE ESTUDOS: O CASO DO GRUPO “ANÁLISE GEOAMBIENTAL E SUAS PAISAGENS DE EXCEÇÃO” - ANGEO

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 08/12/2020

### Ana Carla Alves Gomes

Programa de Pós-Graduação em Geografia/  
ProPGeo,  
Universidade Estadual do Ceará,  
Fortaleza - Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/8125049057866041>

### Ana Lúcia Moura Andrade

Programa de Pós-Graduação em Geografia/  
ProPGeo,  
Universidade Estadual do Ceará,  
Fortaleza - Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/2646222506187133>

### Emerson Rodrigues Lima

Programa de Pós-Graduação em Geografia/  
ProPGeo,  
Universidade Estadual do Ceará,  
Fortaleza - Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/6753647791757637>

### Gabriely Lopes Farias

Centro de Ciências e Tecnologia/CCT  
Universidade Estadual do Ceará, CCT  
<http://lattes.cnpq.br/8693112433542948>

### Tháís Helena Nunes da Silva

Centro de Ciências e Tecnologia/CCT  
Universidade Estadual do Ceará, CCT  
<http://lattes.cnpq.br/4924270077354651>

### Maria Lúcia Brito da Cruz

Programa de Pós-Graduação em Geografia/  
ProPGeo, Centro de Ciências e Tecnologia CCT  
Universidade Estadual do Ceará,  
Fortaleza - Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/7159290904011293>

**RESUMO:** O presente trabalho analisa a importância do Sistema de Informação Geográfica-SIG como ferramenta de auxílio nas pesquisas do grupo de estudo Análise Geoambiental e suas paisagens de exceção – AnGeo. Logo, pauta-se em levantamento bibliográfico e de dados pertinentes na produção científica realizada pelo grupo com a utilização do SIG. Os resultados demonstram que durante os anos de existência do grupo, ocorreu a produção de artigos para submissão, organização de eventos e oferta de minicurso em eventos acadêmicos locais e fora do Ceará. Portanto, a eficiência acadêmica no processo de ensino e aprendizado tem sido configurada com o uso do SIG, o qual tem possibilitado a realização de mapeamentos, bem como, o aprimoramento do saber fazer com o SIG nas pesquisas de estudantes da graduação, pós-graduação e profissionais de áreas afins.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pesquisa, Geoprocessamento, Geografia.

THE USE OF GIS IN THE DEVELOPMENT OF STUDY GROUPS: THE CASE OF THE GROUP “GEOENVIRONMENTAL ANALYSIS AND ITS EXCEPTION LANDSCAPES” - ANGEO

**ABSTRACT:** This paper addresses the importance of the Geographic Information System (GIS) as a support tool in the research of the study group Geoenvironmental Analysis and its exception landscapes - AnGeo. Thus, it is based on a bibliographic and data survey pertinent to the scientific production carried out by the group using GIS. The results show that during the years of existence of the group, there

were production of papers for submission, organization of events and offer of mini courses in local academic events and outside Ceará state. Therefore, the academic efficiency in the teaching and learning process has been configured with the use of GIS, which has made possible the realization of mappings, as well as the improvement of the know-how with GIS in the research from undergraduate and graduate students and professional of related areas.

**KEYWORDS:** Research, Geoprocessing, Geography.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Grupo de estudo Análise Geoambiental e suas paisagens de exceção (AnGeo) caracteriza-se como um grupo pertencente ao laboratório de geoprocessamento e estudos aplicados (Labgeo) do curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará (UECE).

O grupo surgiu no ano de 2016 com o objetivo de integrar as pesquisas dos alunos da graduação e alunos da pós-graduação em Geografia. Fundamentalmente, para aqueles (as) cujo enfoque investigativo adentra no contexto da Análise Integrada do Ambiente, abordagem que traz um arcabouço teórico e metodológico que contempla sociedade e natureza na perspectiva geográfica.

Posteriormente, foram sendo contemplados outros veios investigativos, que interligados a abordagem *mater* da estrutura epistemológica do grupo, inseriram-se como acréscimo de conhecimento e propostas metodológicas, a saber, a análise integrada na relação do docente (para os alunos da licenciatura) e a utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG) para as pesquisas das distintas modalidades de curso da Geografia.

Diante da produção acadêmica e atividade organizacional do grupo, o AnGeo tornou-se institucionalmente reconhecido pela Resolução 932018-10/10/2018, com o objetivo precípua de desenvolvimento acadêmico dos participantes desde o embasamento teórico à utilização e aplicação metodológica.

Inicialmente, o grupo contemplava dois pós-graduandos e cinco graduandos com debates de textos pertinentes. No aspecto hodierno, o grupo contempla sete pós-graduandos (mestrado e doutorado) e vinte alunos da graduação em Geografia (Bacharelado e Licenciatura), os quais participam de encontros semanais, em uma dinâmica que incorre na utilização de livros e artigos acadêmicos para discussões e produção científica com o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG).

O grupo de estudos no ambiente universitário proporciona aos estudantes um contato mais próximo com a produção científica, conforme relata Guzzo (2005), o grupo de estudos tem como finalidade proporcionar uma formação geográfica sólida, amparada nos pilares acadêmicos: ensino, pesquisa e extensão, não descuidando do aparato teórico conceitual e empírico, e buscando a formação de cidadãos comprometidos com a transformação social e espacial, em direção a uma geografia cidadã.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar as principais contribuições das técnicas de geoprocessamento desenvolvidas em ambiente SIG e as

formas de aplicabilidade na dinâmica do grupo Análise Geoambiental e suas paisagens de exceção (AnGeo). Portanto, a existência do referido grupo no LabGeo tem contribuído para o aperfeiçoamento acadêmico dos alunos na universidade e na utilização técnica de um ferramental que destaca o geógrafo na sociedade.

## **21 PERCURSO TEÓRICO E METODOLÓGICO DE DIRECIONAMENTO DAS PESQUISAS DO GRUPO ANGENO**

O embasamento teórico do grupo pauta-se na Análise Ambiental Integrada de Souza (2000) aplicados ao contexto cearense. No tocante ao SIG, embasa-se em Fitz (2008), Câmara e Queiroz (2001) e Souza (2003).

O grupo adentra no que Marques (1994) aponta acerca das análises sobre a paisagem, a saber, é necessário analisar a paisagem de forma holística, a julgar pela necessidade de compreender as relações entre a sociedade e a natureza.

Nesse aspecto, como ferramenta que oferece subsídio à análise da paisagem, Silva (2003) reporta que o uso do SIG engloba as técnicas necessárias para realizar análises com dados espaciais e, portanto, oferece alternativas para o entendimento de uma análise ambiental capaz de compreender a relação entre os aspectos físicos com os aspectos sociais materializados nas formas de uso e ocupação do território.

### **2.1 A importância do SIG nas pesquisas do grupo: uma relação de teoria e práxis na geografia**

O SIG caracteriza-se como uma geotecnologia inserida no ramo de atividades do geoprocessamento, aliás, é o ambiente de operacionalização e exercício da técnica do geoprocessamento. O SIG é um sistema onde ocorre a coleta, armazenamento, manipulação e saída de dados cartográficos (BURROUGH e MCDONNELL, 1998).

Conforme Kazmierczak et al (2007) a ciência geográfica é a estrutura para a organização do conhecimento global, sendo o SIG a tecnologia que permite criar, manejar, publicar e disseminar este conhecimento para toda a sociedade.

De acordo com Zaidan (2017,p.06) o SIG pode ser definido como:

Sistema composto por softwares e hardwares que estão submetidos a uma organização de pessoas interligadas para um mesmo fim, que se utilizam de dados georreferenciados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, edição, o processamento, a análise e a disponibilização, visando a possibilidade de planejar e monitorar questões ligadas ao espaço físico geográfico através dos produtos gerados pelo sistema[...].(ZAIDAN, 2017, p. 6)

O SIG corresponde a um sistema de apoio na tomada de decisões, sobretudo no que tange ao conjunto automatizado de armazenamento, informações, gestão, visualização e tabulação de dados. De tal modo que, no contexto do SIG, as técnicas

de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto constituem um conjunto de ferramentas essenciais para obtenção de dados a serem utilizados no planejamento e mapeamento (MESQUITA, CRUZ E PINHEIRO, 2012).

Da mesma forma, Bentemuller e Gomes (2019,p.152) reportam que [...] a popularização dessas técnicas possibilita a difusão desses conhecimentos ao passo que possibilita a formulação de uma síntese da realidade[...]. Logo, o uso dessas técnicas no ambiente SIG, para além da produção de materiais cartográficos, apresentam “[...] uma visão privilegiada do espaço em diferentes escalas e formas[...]”(BRAGA, GOMES E CRUZ, 2019,p.45).

No grupo de estudo AnGeo, este uso ocorre mediante mapeamentos que visam analisar a realidade de determinado fenômeno no espaço geográfico, com vistas a cenarizar as formas de intervenção para proteção e conservação do ambiente.

No tocante aos graduandos em licenciatura pertencentes ao grupo, o uso do SIG enquanto ferramenta de ensino é essencial para consolidar uma educação qualificada. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) menciona a importância de inserir ferramentas tecnológicas em sala de aula, conforme afirma Brasil (2018,p.357) “ Utilizar as linguagens cartográfica, gráfica e iconográfica e diferentes gêneros textuais e tecnologias digitais de informação e comunicação no desenvolvimento do raciocínio espaço-temporal[...]”.

Nesse aspecto, Fernandes (2019) afirma que a Cartografia Digital, o Sensoriamento Remoto e o SIG “podem instigar os alunos a pensarem crítica e conscientemente o seu papel como agente no espaço geográfico” (FERNANDES, 2019, p. 17 e 18).

A utilização do SIG no planejamento do professor também acaba se tornando parte fundamental da preparação da aula. Feldens, Rapkiewicz e Favero (2018) afirmam que os estudantes não devem apenas aprender a manusear um dispositivo, mas sim desenvolver autonomia frente a essa nova tecnologia.

Portanto, o papel do grupo de estudos no realce acerca da importância do SIG nas modalidades da graduação em Geografia, ocorre nas reuniões do grupo e nos treinamentos com as técnicas de geoprocessamento que contemplam as pesquisas do bacharelado, e concomitantemente fornecem ao estudante de licenciatura as formas de trabalhar o SIG na sala de aula.

### 3 | METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como pesquisa descritiva, a qual conforme Gil (2008) tem a finalidade de descrever acerca de um determinado grupo ou fenômeno estudado e que também inclui a técnica de coleta de dados, além de assumir a forma de levantamento.

Nesse viés, o trabalho apresenta as formas de utilização do SIG no grupo e as principais temáticas trabalhadas com as técnicas de geoprocessamento, as quais estão presentes na didática e dinâmica teórica e metodológica do AnGeo.

Como procedimento técnico, o trabalho caracteriza-se como pesquisa bibliográfica e de estudo de caso. Segundo Prodanov e Freitas (2013) a pesquisa bibliográfica utiliza-se de trabalhos já realizados e que mantêm relações afins com a temática desenvolvida.

Gil (2002) aponta que o estudo de caso apresenta um detalhamento acerca de determinado objeto de estudo, trazendo as características essenciais entre o fenômeno e seu contexto. Por fim, no caso da abordagem do grupo de estudo, o trabalho baseia-se em Guzzo (2005).

A figura 01 apresenta a esquematização teórico-metodológica utilizada pelo grupo, no tocante aos principais conceitos e abordagens dentro da ciência geográfica, as temáticas oriundas dessas abordagens e a operacionalização para a confecção das pesquisas no ambiente SIG.

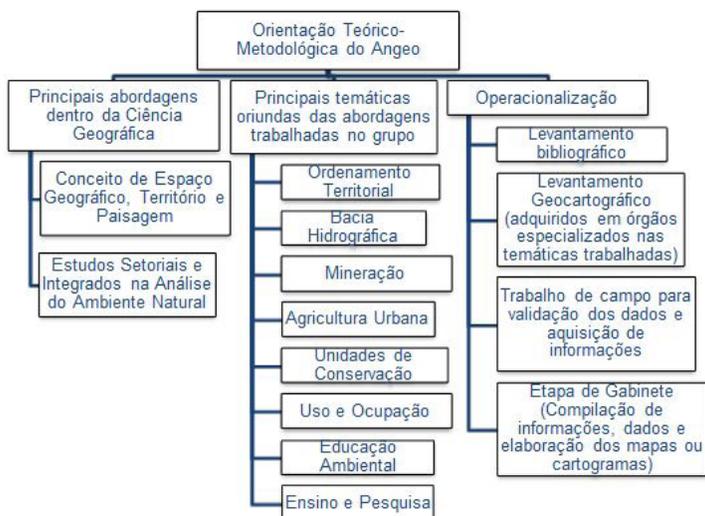


Figura 01- Orientação teórico-metodológica do Angeo através do ambiente SIG

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Foi realizado um levantamento quantitativo das produções acadêmicas desenvolvidas pelo grupo desde o seu início em 2016 até 2019, os dados foram tabulados no software Microsoft Excel para a elaboração da tabela e do gráfico. Esse dados visam demonstrar as distintas temáticas trabalhadas dentro do ambiente SIG e em quais atividades acadêmicas as técnicas de geoprocessamento foram utilizadas.

Também foi elaborado um mapa de fluxo com a utilização do software QGIS versão 2.18.22 com o complemento flow maps (oursins). Archela e Théry (2008) afirmam que os mapas de fluxo são representações lineares que tentam simular movimentos entre dois pontos ou duas áreas.

Esse tipo de mapa pode mostrar a direção os valores ou intensidades de um fenômeno que cresce ou decresce. No caso do grupo, o mapa de fluxo foi confeccionado para evidenciar o fenômeno de pesquisas e apresentações desenvolvidas pelo grupo, mostrando a espacialização da vivência acadêmica dentro e fora do território cearense.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Angeo tem se constituído como uma ferramenta de aprimoramento dentro da ciência geográfica, com contribuições capazes de unir teoria e a práxis na esfera do ensino, pesquisa e extensão.

No prisma do ensino destacam-se os fatores de reciprocidade entre alunos da pós-graduação e graduação, onde mestrandos e doutorandos aprimoram a didática de sala de aula ao conduzirem e estudarem os textos selecionados dentro do cronograma prévio estabelecido pelo grupo.

Durante os debates sobre o texto, os graduandos esclarecem as dúvidas, trazem questionamentos adquiridos em sala de aula nas disciplinas da graduação, participam de treinamentos ao conduzirem tópicos do texto e auxiliam na elaboração do cronograma.

No tocante à pesquisa, os graduandos e pós-graduandos juntamente com a coordenação do Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Aplicados elaboram artigos científicos para a apresentação e submissão em encontros acadêmicos e revistas científicas.

A figura 02 destaca o local onde as reuniões ocorrem, o laboratório oferece aparato infraestrutural e de equipamento para o desenvolvimento do grupo e das pesquisas, esse investimento realizado pela coordenação visa oferecer um ambiente propício para os estudos, tanto a nível de espaço físico como na disponibilidade de equipamentos como notebooks, projetor multimídia, lousa, etc.



Figura 02- Local onde os encontros do Angeo ocorrem

Fonte: Autores(2020)

Vale frisar, a cooperação dos graduandos nas pesquisas da pós-graduação, onde a reciprocidade de aprendizado reflete no desenvolvimento dos trabalhos acadêmicos. Soma-se a isso, a influência das pesquisas dos pós-graduandos como auxílio na etapa de elaboração das monografias ou nos trabalhos das disciplinas dos graduandos.

No quesito extensão, o grupo teve a oportunidade de organizar eventos e ministrar seminários, minicursos e oficinas a nível local e regional, neste último, o grupo além de apresentar as pesquisas, também conduziu um minicurso na Universidade de Pernambuco em Garanhuns, onde os alunos da licenciatura tiveram acesso aos treinamentos no software QGIS versão 2.18.

Na idealização e organização de eventos na UECE, o grupo teve a oportunidade de realizar o primeiro colóquio sobre os Estudos da Paisagem, com 76 pessoas inscritas, o enfoque do evento ateu-se aos principais conceitos e obras clássicas da Análise Integrada do Ambiente.

Em 2019, como forma de demonstrar a importância do ambiente SIG e as técnicas de geoprocessamento nas pesquisas do grupo, o AnGeo organizou em forma de oficina/ evento, a oficina intitulada “Dinâmica Ambiental e o Uso do Geoprocessamento na Delimitação dos Sistemas Ambientais”. Com 110 participantes, a oficina seguiu a estrutura de evento com cinco dias de programação e finalizou com a prática de delimitação dos sistemas ambientais no software QGIS 2.18.

A organização desses eventos visa incluir os alunos e garantir experiências na articulação e promoção da vivência na universidade. Principalmente, com vistas à utilizar os conhecimentos adquiridos nos encontros como oportunidade de difusão para os demais alunos da graduação que não tem prática ou conhecimento do ambiente SIG.

## **4.2 A aplicabilidade do SIG na didática desenvolvida pelo grupo de estudos-AnGeo**

Através do software livre QGIS versão 2.18, os alunos da graduação além dos treinamentos oferecidos pelo laboratório, também recebem o aprimoramento das técnicas de geoprocessamento mediante os debates dos textos nos encontros e de atividades realizadas no software.

São escolhidos dentro das temáticas abordadas pelo grupo e os tipos de material cartográfico para produção, aonde ao selecionarem o tipo de tema para ser pesquisado, os supervisores (pós-graduandos) conduzem as etapas de confecção dos mapas.

Há casos, em que os próprios alunos com maior experiência no uso do software conduzem as práticas para os demais graduandos, principalmente para aqueles que ainda não possuem conhecimento nas técnicas de geoprocessamento e que procuram conhecer mais sobre essa ferramenta.

No contexto de utilização do SIG, também são ofertados minicursos e oficinas voltados à comunidade acadêmica e aos profissionais nas áreas afins para o treinamento

com o software QGIS, cabe destacar que a escolha do software dá-se pela gratuidade, acessibilidade do mesmo e facilidade de manuseio.

Abaixo, a figura 03 apresenta a organização didática estabelecida dentro do grupo para a utilização das técnicas de geoprocessamento no ambiente SIG. Essa esquematização também visa contribuir para o direcionamento e condução de novos grupos de estudo dentro dos laboratórios ou salas de aula, logo, segue o roteiro didático aplicado no grupo.

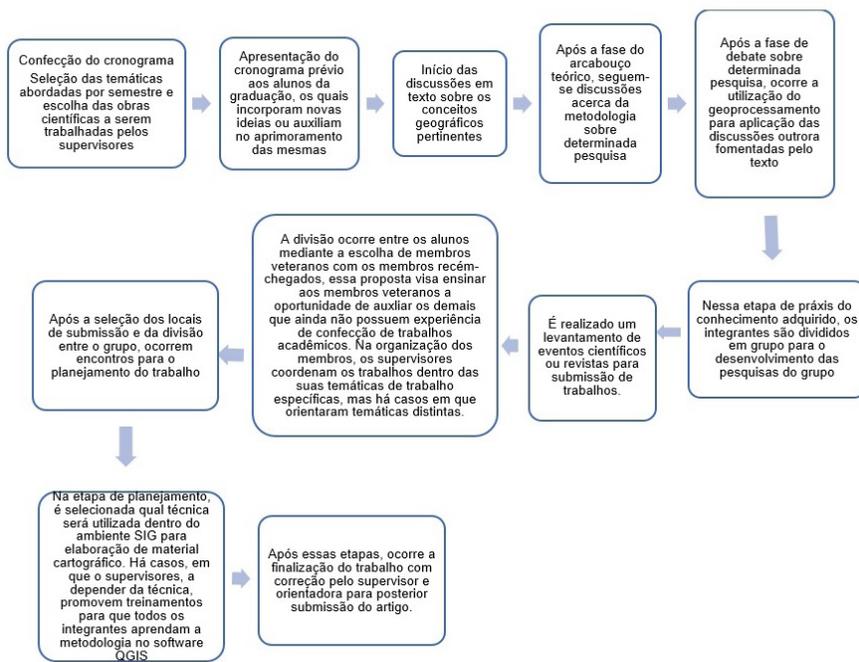


Figura 03- Etapas de Organização para a construção do saber científico e desenvolvimento de pesquisas no AnGeo

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Dentre os materiais elaborados tem-se: cartogramas, mapas de localização, mapas de análise espaço-temporal, expansão da mineração, identificação das formas de uso e ocupação, identificação da agricultura urbana, delimitação de bacia hidrográfica, delimitação de sistemas ambientais, uso e cobertura, dentre outros.

O quadro 1 abaixo traz a súmula de atividades e pesquisas desenvolvidas pelo grupo através do ambiente SIG. O gráfico 1 apresenta as porcentagens das formas de atuação acadêmica do grupo, tendo como maior porcentagem a categoria de trabalhos em eventos científicos.

São trabalhos realizados desde o ano de 2016 e que refletem a dinâmica da construção em equipe e do arcabouço teórico e metodológico adquirido numa reciprocidade de aprendizagem entre os alunos da pós-graduação e graduação.

PRODUÇÕES DO ANGEO (2016-2019)		
TRABALHOS EM EVENTOS	III SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA DO NORDESTE-2016; XXII SEMANA UNIVERSITÁRIA UECE-2017, III SEC GEO-2018, IV – SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA DO NORDESTE-2018; VI CBEEAGT-2018; XXIII SEMANA UNIVERSITÁRIA UECE-2018, IV SEC GEO 2019; XXIV SEMANA UNIVERSITÁRIA DA UECE-2019	36
ORGANIZAÇÃO DE EVENTOS	COLÓQUIO: ESTUDO DA PAISAGEM: SUBSÍDIOS À PESQUISA E AO ENSINO EM GEOGRAFIA-2017; III SEC GEO-2018; OFICINA ANGEO-DINÂMICA AMBIENTAL E O USO DO GEOPROCESSAMENTO NA DELIMITAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS-2019; IV SEC GEO 2019	4
MINICURSOS OFERTADOS ATRAVÉS DO SIG	CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS NO QGIS; DELIMITAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E DE DELIMITAÇÃO DE SISTEMAS AMBIENTAIS; INTRODUÇÃO AO QGIS; TREINAMENTO NO QGIS, ANÁLISE GEOAMBIENTAL E O USO DO GEOPROCESSAMENTO NA DELIMITAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS, MAPEAMENTO DE QUADRAS E LOGRADOUROS; ELABORAÇÃO DE MAPAS NO QGIS (GARANHUNS) DELIMITAÇÃO DE SISTEMAS AMBIENTAIS NO QGIS, MINICURSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL E O USO DE GEOTECNOLOGIAS COMO INSTRUMENTO DE PREVENÇÃO, GESTÃO E FISCALIZAÇÃO; ELABORAÇÃO DE MAPAS A PARTIR DO MDE NO QGIS;	9
TOTAL DE PRODUÇÕES		49

Quadro 1 – Produção do AnGeo de 2016 - 2019

Fonte: Autores (2019)

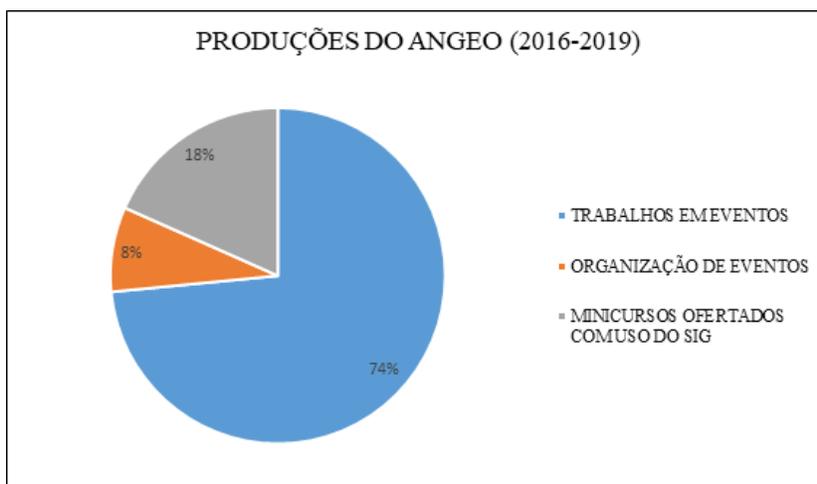


Gráfico 1 – Gráfico de produções do AnGeo

Fonte: Autores (2019)

A figura 04 apresenta o mapa de fluxos dos municípios escolhidos como área de estudo nas pesquisas do grupo, os quais concentram objetos de estudo mapeados nos trabalhos acadêmicos. O mapa também apresenta dentro do contexto acadêmico vivenciado pelo grupo, os locais a nível regional em que o AnGeo apresentou trabalho ou ministrou minicurso, respectivamente, no município de Caicó e no município de Garanhuns onde foi ofertado um minicurso para os alunos da Universidade Estadual de Pernambuco (UPE).

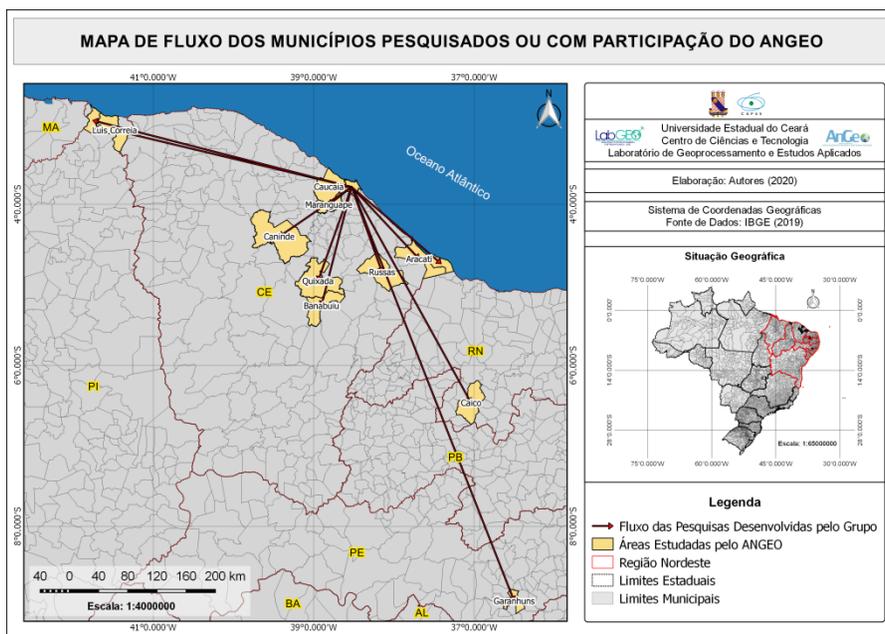


Figura 04 – Mapa de fluxo dos municípios pesquisados ou com participação do Angeo

Fonte: Autores (2019)

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro do ambiente universitário, o AnGeo tem proporcionado através do Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Aplicados (LabGeo) a transmissão do conhecimento geográfico para os alunos do bacharelado e da licenciatura.

Por intermédio das discussões, das leituras realizadas em grupo para a formação de argumentos contextualizados no viés geográfico, os integrantes do grupo exercitam suas criticidades, levando assim a sua aplicação dos conhecimentos adquiridos em pesquisas próprias, desenvolvendo e progredindo na vivência acadêmica.

A pesquisa possibilitou compreender como a dinâmica de um grupo de estudos no contexto universitário pode contribuir na produtividade acadêmica, como o caso do

grupo de estudos AnGeo. Pode-se compreender que a principal ferramenta facilitadora das produções desenvolvidas pelos membros do grupo é o uso do geoprocessamento no ambiente SIG, seja este utilizado na produção de artigos, resumos ou na oferta de minicursos/oficinas.

Portanto, o uso do SIG proporciona conhecimento técnico que integrado ao campo teórico, favorece que os estudos em Geografia tenham a acurácia e a eficiência necessárias para a compreensão da relação sociedade e natureza, além de conferir aos alunos a oportunidade de uma maior qualificação no campo acadêmico e profissional.

## REFERÊNCIAS

ARCHELA, R. S.; THÉRY, H. Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos, **Confins**, n. 3, 2008. Disponível em: <http://confins.revues.org/index3483.html>. Acesso em 01 dez. 2020.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRAFICAS: Aplicações na agricultura**. 2º edição revista e ampliada, Brasília DF: EMBRAPA-SPI / EMBRAPA-CPAC, 2003.

BENTEMULLER, L.A.A.; GOMES, A.C.A. A importância do geoprocessamento para análise do uso e ocupação da área de proteção ambiental (APA) de Sabiaguaba em Fortaleza-Ce. **Revista CC&T/UECE** do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza/CE, v. 1, n.3, p. 150-167, jul./dez. 2019. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/CCiT/>. Acesso em 03 dez. 2020.

BRAGA, D. P.; GOMES, A. C. A.; CRUZ, M. L. B. A Utilização do Geoprocessamento na Análise Espaço-Temporal da Atividade de Mineração na Serra De Maranguape-Ce. **Revista CC&T – Centro de Ciências e Tecnologia da UECE Fortaleza/CE**, v. 1, nº especial, p. 43-56, jan/jul. 2019. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/CCiT/>. Acesso em 04 dez. 2020.

BRASIL. **Ministério da Educação. Base Nacional Curricular Comum**. Brasília, DF: MEC, 2018.

BURROUGH, P. A. e MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998. 333 p.

CÂMARA, G. QUEIROZ, C. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. In: Câmara, G. DAVIS, C. MONTEIRO, A. M. V (orgs.). **Introdução à ciência da Geoinformação**. INPE, São José dos Campos, 2001.p.42-77.

FELDENS, M., RAPKIEWICZ, C., & FAVERO, R. (2018). Pesquisas sobre o uso de TIC no componente curricular Geografia no Brasil. *Revista Brasileira De Ensino De Ciências E Matemática*, 1(2), 174-181.

FERNANDES, T. G. **SIG online, uma nova perspectiva para o ensino da Geografia: prática e vivência na rede pública e privada**. 122 f. Mestrado em Geografia - Programa de pós-graduação em Geografia do Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2019.

FITZ, P. R **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160p.

Gil, A. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo, editora Atlas S.A. 2008

GIL, A. C., 1946- **Como elaborar projetos de pesquisa**. Antonio Carlos Gil. - 4. ed. - São Paulo:Atlas, 2002 .pag 18-57

GOMES et al. (2018) **XXIII Semana Universitaria da UECE**. A Utilização do Geoprocessamento na Dinâmica da Pesquisa Geográfica: O Caso do Grupo Análise Geoambiental Do Semiárido e Seus Ambientes De Exceção (Angeo). Anais. Disponível em: <https://semanauniversitaria.uece.br/anais/paginas/pesquisa.jsf>. Acesso em 06 dez. 2020.

GUZZO, R. S. L.; EUZEBIOS FILHO, A. Desigualdade social e sistema educacional brasileiro: a urgência da educação emancipadora. *Escritos educ.*, São Paulo, v.4, n. 2, p. 39-49, dez.2005.

KAZMIERCZAK, M. L. ; LEONARDI, L ; MEYENN, T. C. DA G. ; PEIXOTO, A.R.M. ; RAMOS, R.M.G. ; RIBEIRO, L.F. . Projeto SIG na educação: utilização de sistemas de informações geográficas no Ensino Fundamental. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2007, FLORIANÓPOLIS, SC. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007. p. 1507-1514.

MARQUES, J. S. Ciência geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

MESQUITA, E. A.; CRUZ, M. L. B.; PINHEIRO, L. R. O. Geoprocessamento Aplicado ao mapeamento das formas de uso da terra na área de preservação permanente (APP) da lagoa do Uruaú- Beberibe - Ceará. *Revista GeoNorte*, v. 2, p.1509-1518, 2012.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-Referenciadas**. Campinas, SP: Editora Unicamp, 2003.

SOUZA, M.J.N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, Luiz Cruz (Org.). **Compartmentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000, p. 05-102.

## POTENCIAL SOLAR NA ILHA DE FLORIANÓPOLIS – PROPOSTA DE MÉTODO

*Data de aceite: 04/01/2021*

*Data de submissão: 30/11/2020*

### **Vivian da Silva Celestino Reginato**

Universidade Federal de Santa Catarina  
– UFSC. Programa de Pós-graduação em  
Engenharia de Transportes e Gestão Territorial  
- PPGTG  
Florianópolis – Santa Catarina  
ORCID: 0000-0003-3543-7977

**RESUMO:** Imagens de satélite têm sido utilizadas para muitas atividades em diferentes áreas do planeta, inclusive na busca de fontes alternativas e sustentáveis para atender a demanda crescente de energia com finalidade de diminuir a emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEE). Uma maneira de minimizar esses efeitos e expandir o parque gerador é incentivar a geração local através do uso de fontes renováveis, como a energia solar, que é gratuita e acessível em muitas regiões do planeta. Mas para que seja tomada uma decisão assertiva no momento de instalar um sistema solar é necessário utilizar ferramentas que envolvam o sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG), realizando a compilação de informações e variáveis que sejam pertinentes ao tema de geração de energia solar e que levem em consideração o espaço geográfico inerente. Neste contexto o objetivo principal deste trabalho é desenvolver um modelo em SIG para identificar áreas com potencial solar em escala regional utilizando imagens de

sensores remotos ativos e modelos solares já disponíveis. Como forma de validar o modelo foi utilizada como área de estudo a parte insular do município de Florianópolis no Estado de Santa Catarina – Brasil. Os resultados apontaram para um potencial solar alto e que pode ser explorado ao longo de todo o ano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia Solar, Sensoriamento Remoto, SRTM, Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

### SOLAR POTENTIAL IN FLORIANOPOLIS ISLAND – PROPOSED METHOD

**ABSTRACT:** Satellite imagery is used for many activities in different areas of the planet, including searching for alternative and sustainable sources to meet growing energy demand to reduce greenhouse gas (GHG) emissions. One way to minimize these effects and expand energy parks is to encourage local generation through the use of renewable sources, such as solar energy, which is free and affordable in many regions of the planet. But in order to make an assertive decision when installing a solar power system, one needs to use tools that involve remote sensing and geographic information systems (GIS), and compile information and variables that are relevant to the subject of solar power generation and take into account the inherent geographic space. In this context, the main objective of this work is to develop a GIS model to identify areas with solar potential on a regional scale using active remote sensor images and previously available solar models. To validate the model, this study used an area on the island part

of the city of Florianópolis in Santa Catarina State - Brazil. The results pointed to a high solar potential that can be exploited throughout the year.

**KEYWORDS:** Solar Energy, Remote Sensing, SRTM, Geographic Information Systems (GIS).

## 1 | INTRODUÇÃO

Em 1957, um objeto terrestre, construído pela mão do homem, foi lançado ao universo, onde durante algumas semanas girou em torno da Terra segundo as mesmas leis de gravitação que governam o movimento dos corpos celestes – o Sol, a Lua e as estrelas (ARENDDT, 2000). Hannah Arendt se referia ao Sputnik, primeiro satélite artificial colocado em órbita no mundo e que abriu caminho para a nova tecnologia denominada Sensoriamento Remoto, que é a arte e a ciência de obter informações sobre um objeto sem estar em contato físico direto com ele.

Desde o surgimento dos primeiros satélites as imagens de sensoriamento remoto têm sido utilizadas nos ramos da ciência, educação e tecnologia em diversos países. São exemplos as advindas de sensores ativos da *Space Shuttle Topography Mission* (SRTM) e as advindas de sensores passivos como da série Landsat. Tais imagens são ferramentas/recursos fundamentais para que os analistas identifiquem problemas, visualizem panoramas e proponham alternativas políticas viáveis para tomada de decisão em gestão territorial.

Na era contemporânea onde a humanidade se multiplica e utiliza cada vez mais energia, é urgente e contingente progredir sem perder de vista a preservação dos recursos naturais. Encontrar alternativas que utilizem fontes renováveis de energia, além de necessário, é vital para a preservação dos seres vivos, pois os impactos ambientais causados pelas emissões de gases de efeito estufa são irreversíveis, sendo o aumento do buraco na camada de ozônio, o aquecimento global, o derretimento das calotas polares e as mudanças climáticas, somente alguns exemplos notáveis.

Diversas fontes de energia podem ser utilizadas como alternativas ao uso de energias poluentes. Para permitir a visualização de cenários futuros em espaços físicos e colaborar no processo decisório atual na identificação de potencial de energias renováveis os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm sido utilizados como ferramentas em diversas escalas, níveis de abstração e espacialização de fenômenos, onde os advindos de natureza abstrata, como temperatura e radiação solar, entre outros.

Os atlas solarimétricos produzidos e os modelos de radiação solar já desenvolvidos e disponíveis no mercado são exemplos de aplicações que utilizaram SIG na sua produção. Porém, tanto os atlas (por possuírem escala pequena) quanto os modelos de radiação (por serem mais precisos na identificação pontual) não suprem a necessidade de investigação de potencial solar a ser aplicado em escalas regionais (modelos que possam ser aplicados a municípios, por exemplo). É necessária uma nova geração de modelos espaciais que combinem as respectivas vantagens dos modelos de radiação solar pontuais com a

visualização de pequenas escalas dos atlas, para proporcionar rapidez e precisão aos modelos em escalas regionais.

Mas para que seja tomada uma decisão assertiva, em relação à definição de áreas com potencial para gerar energia por fonte solar de forma regional, é necessário verificar quais são as premissas fundamentais para que esse potencial exista, como, por exemplo, o relevo e o aspecto adequado. As técnicas mais indicadas para realizar essas análises ainda incluem o uso de produtos, como imagens advindas de sensoriamento remoto e/ou fotogrametria quanto ferramentas SIG, primeiro, para gerar modelos digitais e, segundo, para realizar a análise espacial. Tal análise se faz necessária para que as informações, advindas da superfície terrestre e do meio ambiente quando espacializadas geograficamente, se transformem em um conhecimento que permita a tomada de decisão assertiva.

Neste contexto o objetivo principal deste trabalho é desenvolver um modelo em SIG para identificar áreas com potencial solar em escala regional utilizando imagens de sensores remotos ativos e modelos solares já disponíveis.

## **2 I ENERGIAS RENOVÁVEIS OU SUAVES E OS MODELOS DE INSOLAÇÃO ESPACIAL**

São consideradas energias renováveis ou suaves todas aquelas que utilizam as forças da natureza para gerar energia sem agredir o meio ambiente e sem grandes sistemas logísticos para transportar a energia gerada. Lovins (1997) destaca que o processo da geração da energia, até o consumo final, deve percorrer um caminho sustentável, portanto, suave. O “caminho suave da energia” pressupõe que a energia é apenas um meio para fins sociais e não é um fim em si mesmo. Caminhos de energia suave envolvem uso eficiente de energia, diversidade de métodos de produção de energia (combinados em escala e qualidade para usos finais) e dependência especial de cogeração e “tecnologias de energia suave” como energia solar, energia eólica, biocombustíveis, energia geotérmica, energia das ondas, a energia das marés, etc.

De acordo com Eloy (2009) a energia solar é uma fonte inesgotável, livre e não poluente, pois o sol atinge a Terra em formas térmicas e luminosas, porém a captação desta radiação é variável de acordo com o local, pois depende da latitude, da estação do ano e de condições atmosféricas diversas como nebulosidade e umidade relativa. Se uma superfície escura for usada para captura, a energia solar será transformada em calor e, se forem usadas células fotovoltaicas, o resultado será eletricidade (ANEEL, 2008). Um sistema fotovoltaico, por exemplo, não precisa do brilho do sol para operar, também pode gerar eletricidade em dias nublados. Isso porque a energia excedente gerada disponibilizada na rede funciona como um crédito que pode ser utilizado pelo consumidor quando a energia solar não estiver disponível.

É importante ressaltar que a maior parte da capacidade instalada corresponde a instalações conectadas à rede, representando 98% da capacidade global, embora haja um interesse recente em instalações isoladas e sistemas de pequena escala, principalmente em áreas remotas, difíceis de acessar (ONU DI, 2013).

O Brasil, por ser um país localizado majoritariamente na zona intertropical, possui grande potencial para aproveitamento de energia solar durante todo o ano (TIBA, 2000; COLLE e PEREIRA, 1998), onde são utilizados os sistemas térmico e fotovoltaico. Devido a características climáticas, o primeiro é mais indicado a ser explorado nas regiões Sul e Sudeste, e o segundo, nas regiões Norte e Nordeste, em comunidades isoladas.

Esse potencial foi verificado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) quando da publicação, no ano de 2006, do Atlas Brasileiro de Energia Solar. O Atlas disponibiliza dados de energia solar para todo o território brasileiro e foi produzido utilizando modelo de transferência radiativa, foi alimentado por dados climatológicos e 10 anos de informações extraídas de imagens de satélite geoestacionário e validado por dados coletados em estações de superfície (PEREIRA, 2006). Através de técnicas de Geoprocessamento os dados do Atlas podem ser acessados pelos interessados. Porém, por se tratar de um produto de abrangência espacial muito grande, possui suas limitações no tocante a escala e exatidão, não sendo indicado para identificar o potencial solar de forma regional ou local.

Segundo Santos *et al* (2014), a radiação solar incidente pode ser medida por estações meteorológicas terrestres, por satélites meteorológicos e/ou estimada por meio de modelos. Existem vários modelos solares disponíveis na literatura, que variam em detalhes acerca dos parâmetros de entrada e, conseqüentemente, no mapa de saída. Os dois exemplos de modelos de radiação solar mais utilizados são o Solar Analyst do ArcGIS (FU e RICH, 1999/2000) e o Sistema de Informação Geográfica Fotovoltaica (PVGIS) (ŠÚRI *et al*, 2005).

Modelos de insolação espacial são modelos geográficos e podem ser categorizados em dois tipos: baseados em ponto específico e baseados em área. Modelos específicos de ponto calculam a insolação para uma localização baseada na geometria da orientação da superfície e do céu visível. O efeito local da topografia é explicado por relações empíricas, por estimativa visual ou, mais precisamente, pelo auxílio de imagens hemisféricas voltadas para cima (THE SOLAR ANALYST 1.0 - USER MANUAL, 1999 - 2000).

Modelos específicos de ponto podem ser altamente precisos para um determinado local, mas não é viável construir um modelo específico para cada local em uma região. Em contrapartida, os modelos baseados em área calculam a insolação para uma área geográfica, calculam a orientação da superfície e os efeitos de sombra a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE).

O modelo SolarFlux (Hetrick *et al* 1993, Rich *et al* 1995) simula a influência dos padrões de sombra sobre insolação direta usando a função Hillshade em intervalos

discretos ao longo do tempo. O modelo Solar Analyst baseia-se nos pontos fortes dos modelos baseados em pontos específicos e em áreas. Em particular, ele gera uma visão hemisférica voltada para cima, produzindo na essência o equivalente a uma fotografia hemisférica (olho de peixe) (Rich 1989, 1990) para cada localização em um MDE. As vistas hemisféricas são usadas para calcular a insolação para cada local e produzir um mapa de insolação preciso. Calcula a insolação integrada para qualquer período de tempo utilizando a latitude e elevação do local, a orientação da superfície (aspecto), sombras projetadas pela topografia circundante, mudanças diárias e sazonais no ângulo solar e atenuação atmosférica.

De acordo com o site <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis> (2019), o PVGIS fornece acesso gratuito e aberto na internet para dados de radiação solar e temperatura para avaliação de desempenho de potencial fotovoltaico. Possui como funcionalidades: potencial fotovoltaico; radiação solar e temperatura; séries temporais completas de valores horários de radiação solar e desempenho fotovoltaico; dados do ano meteorológico típico para nove variáveis climáticas; mapas, por país ou região, de recursos solares e potencial fotovoltaico prontos para impressão.

### 3 I DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo definida (ver Figura 1) abrange a maior ilha da parte insular do Município de Florianópolis e conta com 421,23 km<sup>2</sup>. Situa-se na latitude 27° Sul e longitude 48° Oeste. Possui uma forma alongada e estreita, com comprimento médio de 55 km e largura média de 18 km. Seu relevo é formado por cristas montanhosas e descontínuas, servindo como divisor de águas. O ponto mais alto é o morro do Ribeirão, com 532 m de altitude. Em relação ao clima, segundo a classificação climática de Koeppen (1996) que analisa, simultaneamente, a temperatura e a precipitação, é considerado mesotérmico úmido, com verões quentes, invernos frios e umidade durante o ano todo. Já de acordo com a classificação climática de Strahler (1986), que se baseia nos controles climáticos e nas características das precipitações sobre os lugares, o clima é considerado Subtropical Úmido, controlado pelas massas de ar tropicais e massas de ar polares, com chuvas abundantes durante todo o ano, com as máximas ocorrendo no verão, principalmente em janeiro.

Já sobre as temperaturas, a média registrada pela Estação Climatológica Principal e Sinótica de Florianópolis, durante o período de 1911 a 2009 foi de 20,6 ° C. Acerca da vegetação possui uma variedade muito grande por se situar em zona costeira e apresenta uma biogeografia peculiar com diversos ecossistemas: mangues, restingas, lagoas, dunas, praias, costões rochosos, florestas. Cada um deles possui função vital no equilíbrio ecológico e na manutenção da qualidade de vida e por isso muitas são instituídas legalmente como Unidades de Conservação (UC) (DEBETIR e ORTH, 2007). De acordo com as autoras,

existiam em 2007 13 UC na Ilha de Florianópolis: sete parques, uma reserva extrativista, uma reserva particular do patrimônio natural, uma área de proteção ambiental, dois monumentos ambientais e uma estação ecológica. Importante ressaltar que, nestas áreas, não são permitidas construções, inviabilizando a instalação de estruturas para captação de energia via fontes renováveis. Como o trabalho se limita a região insular de Florianópolis, não são contabilizadas, neste artigo, as UC do município como um todo.

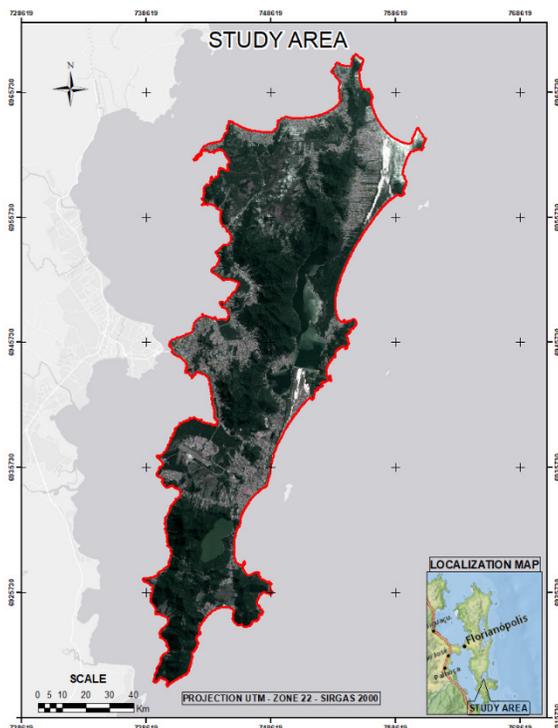


Figura 1 - Área de Estudo.

Ao analisar os dados disponibilizados pelo Atlas Solar para a Ilha de Florianópolis, percebe-se a existência de radiação solar global absoluta entre 4500 wh/m<sup>2</sup> e 4700 wh/m<sup>2</sup> (watt hora por metro quadrado) (PEREIRA, 2006). Percebe-se que a energia solar fotovoltaica é explorada em residências e em algumas empresas, como a Eletrosul, bem como em projetos de pesquisa onde a UFSC Fotovoltaica é um exemplo. A energia solar térmica também é explorada em residências.

## 4 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolver o método proposto, primeiramente, foi necessário realizar pesquisas em diferentes fontes bibliográficas e definir qual a matriz de energia (por fonte renovável) seria utilizada, levando em consideração as necessidades da Ilha de Florianópolis. O segundo passo foi identificar quais informações e produtos convencionais e cartográficos primários seriam considerados fundamentais para gerar informações secundárias para identificar o potencial de energia por fonte solar. Foi definido como *software* de SIG para desenvolver o modelo, o ArcGIS da ESRI. Considerou-se fundamental a utilização de um MDE, donde poderiam ser derivadas as informações de altitude, inclinação, declividade para gerar o potencial solar por aspecto da superfície mapeada. Para tanto foi utilizado um mosaico de imagens SRTM com 30 m de pixel devido a limitação da escala regional definida para o trabalho, pois demais MDE com maiores resoluções espaciais poderiam ter sido utilizados, como o disponibilizado pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Social do Estado de Santa Catarina, com 1 m de pixel, por exemplo. Para estimar o potencial solar por aspecto foram definidos pesos para os diferentes caminhamentos do sol aplicados à região de estudo através de *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Ver detalhes desta definição na rosa dos ventos da Figura 2 e também na Tabela 1.

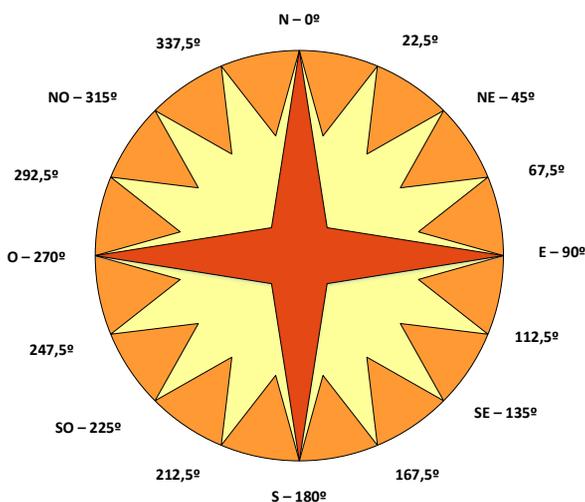


Figura 2 – Rosa dos Ventos.

Aspecto/Faces de Sol	Potencial	Orientação ao Sol	Peso
Flat	Excelente	-1°	5
Norte	Altíssimo	337,5° a 360° e 0° a 22,5°	4
Nordeste	Alto	22,5° a 67,5°	3

Noroeste	Alto	292,5° a 337,5°	3
Oeste	Médio	247,5° a 292,5°	2
Leste	Médio	67,5° a 112,5°	2
Sudeste	Baixo	112,5° a 167,5°	1
Sudoeste	Baixo	212,5° a 247,5°	1
Sul	Nulo	167,5° a 212,5°	0

Tabela 1 - Pesos por potencial e aspecto (faces de sol) da área de estudo.

Também se verificou a necessidade de obter informações a respeito do uso e ocupação do solo, para definir as restrições que devem ser levadas em consideração no mapeamento de potencial energético solar, como as UC, por exemplo. A partir desta definição foi utilizado mosaicos de imagens LandSat 8 da *United States Geological Survey* (USGS) com 30 m de resolução, fusionadas a partir das bandas vermelho, verde e pancromática com resolução final de 15 m e após foi realizada classificação supervisionada para extrair 6 classes de uso e ocupação do solo (vegetação arbórea, vegetação arbustiva, urbano, solo exposto, dunas e campo). Foram consideradas como áreas restritas as 13 UC identificadas na Ilha de Florianópolis já listadas no capítulo 3. Assim, essas áreas, após rasterização para um pixel de 15 m formaram mais uma classe de restrição denominada UC.

Foi definido para construir o modelo de SIG a ferramenta *ModelBuider* e para calcular a radiação global da área de estudo a função *Area Solar Radiation*, ambas do ArcGIS. Essa última função utilizou o mesmo MDE SRTM com 30 m de resolução. Foram inseridos como parâmetros de entrada: o ano de 2019; 14 h de radiação diária; frequência de 30 minutos; latitude geográfica média de 27,5° S; resolução do *sky sise* de 200; fator de difusão 0,3; transmissividade de 0,5 e; tipo de modelo de difusão céu uniforme. A radiação calculada global retorna o valor total acumulado no ano, então foi realizado cálculo para obter o valor médio diário da radiação em kwh/m<sup>2</sup> utilizando a calculadora *raster calculator*. Foram obtidos valores diários globais médios absolutos (radiação absoluta).

Para melhor representação da realidade do potencial solar da área de estudo, multiplicou-se o potencial solar por aspecto pelos valores diários globais médios absolutos (radiação absoluta), o que gerou os valores de potencial solar relativo. Para investigação do potencial solar final ainda foi multiplicado como valor nulo (peso 0), a restrição relativa à classe UC. Nenhum outro tipo de restrição foi considerado porque, *a priori*, painéis solares podem ser instalados em ambientes urbanos (telhados), bem como, inclusive, em reservatórios de água. No final foi possível identificar as áreas com potencial para gerar energia pela fonte solar para a Ilha de Florianópolis. Ver o fluxograma dos materiais e métodos utilizados na Figura 3.

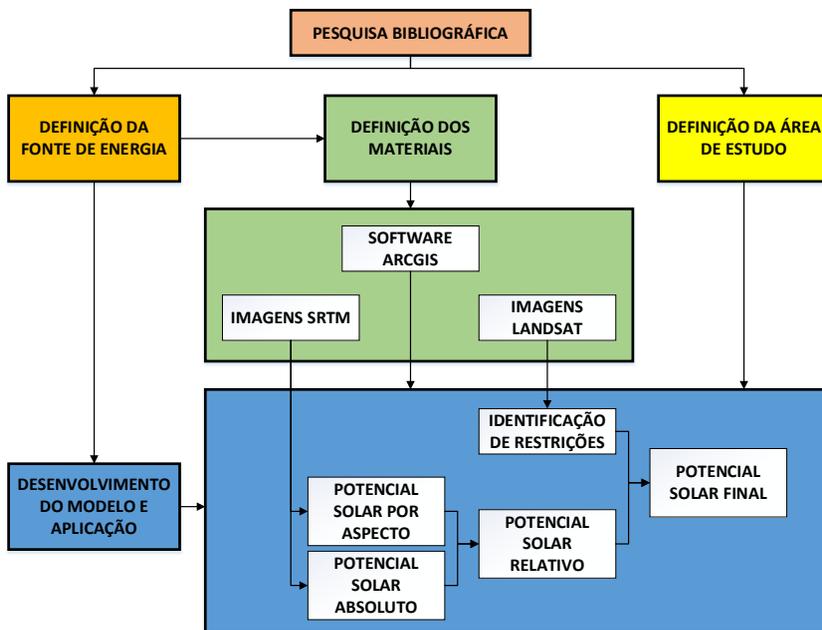


Figura 3 – Materiais e Métodos.

## 5 | RESULTADOS

O desenvolvimento do modelo e sua aplicação permitiu apresentar resultados em dois planos distintos: a aplicação em *Modelbuilder* onde foi produzido o fluxo para a identificação de áreas com potencial solar (ver Figura 4) e a produção de mapas identificando as áreas com potencial para gerar energia pela fonte renovável solar.

Na Tabela 2 e na Figura 5 pode ser verificado o quantitativo do potencial solar por aspecto geográfico da área de estudo. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2 e na Figura 5, aproximadamente 84% da região investigada possui algum potencial solar, *a priori*, devido ao seu posicionamento em relação ao sol, com potencial solar por aspecto enquadrado entre baixo e excelente. A face voltada para Sul corresponde a 15,66% da área e não possui potencial solar. *A priori*, as faces de sol flat e orientadas a Noroeste, Nordeste e Norte, correspondem aos maiores potenciais atribuídos, resultando em 55,93% do total da área, ou seja, área possui potencial solar por aspecto entre alto e excelente. 28,4% da área pesquisada possui também potencial, porém, entre baixo e médio. Merece destaque a orientação a Norte, Nordeste e Noroeste que corresponde a 48% do total da área, devido a localização geográfica da Ilha de Florianópolis.

Aspecto/Faces de Sol	Potencial	Peso	Área (km2)	Área (%)
Flat	Excelente	5	33,24	7,89
Norte	Altíssimo	4	90,32	21,44
Nordeste/Noroeste	Alto	3	112,05	26,60
Oeste/Leste	Médio	2	88,30	20,96
Sudeste/Sudoeste	Baixo	1	31,33	7,44
Sul	Nulo	0	65,98	15,66
Total	-	-	421,23	100

Tabela 2 – Potencial solar por aspecto.

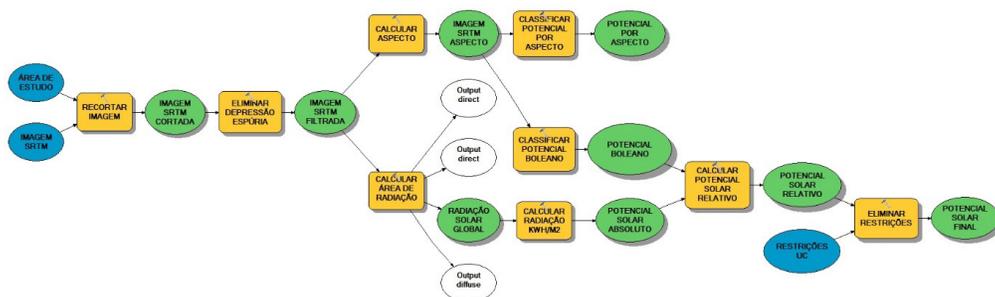


Figura 4 - Aplicação do Modelo.

Após o cálculo do potencial por aspecto foi calculada, a radiação global absoluta acumulada para o ano de 2019. A seguir calculou-se o valor médio diário da radiação em  $\text{wh/m}^2$  para o ano de 2019, o que resultou nos valores entre 2.188 e 4.564  $\text{wh/m}^2$ . A radiação média diária reflete a quantidade de radiação recebida em um determinado local a depender da função da espessura óptica, do ângulo zenital e do comprimento de onda vinda do sol. Ver o mapa na Figura 6 e a descrição dos resultados na Tabela 3, onde pode ser verificado que a função utilizada para calcular a radiação global utiliza a área como um todo e não leva em consideração as faces de sol. De acordo com este resultado toda a área possui potencial solar entre 2,188 e 4,564  $\text{wh/m}^2$ , o que não corresponde à realidade.

Radiação (Wh/m2)	Área (km2)	Área (%)
Entre 2,188 e 3,418	12,41	2,95
Entre 3,419 e 3,735	34,79	8,26
Entre 3,736 e 3,968	52,76	12,53
Entre 3,969 e 4,173	267,16	63,42
Entre 4,174 e 4,564	54,11	12,85
Total	421,23	100,00

Tabela 3 – Potencial solar absoluto - Média diária para o ano de 2019.

Para melhor representação da realidade, o potencial solar absoluto foi multiplicado ao potencial solar por aspecto, gerando o potencial solar relativo, que está sendo apresentado na Figura 7 e na Tabela 4, onde pode ser verificado que as áreas identificadas em preto não possuem potencial solar devido ao seu posicionamento (face Sul). Isso corresponde a 7,89% da área pesquisada.

Radiação (wh/m2)	Área (km2)	Área (%)
0	33,24	7,89
Entre 2,188 e 3,562	18,17	4,31
Entre 3,563 e 3,902	48,77	11,58
Entre 3,903 e 4,152	258,36	61,33
Entre 4,153 e 4,564	62,69	14,88
Total	421,23	100,00

Tabela 4 – Potencial solar relativo - Média diária para o ano de 2019.

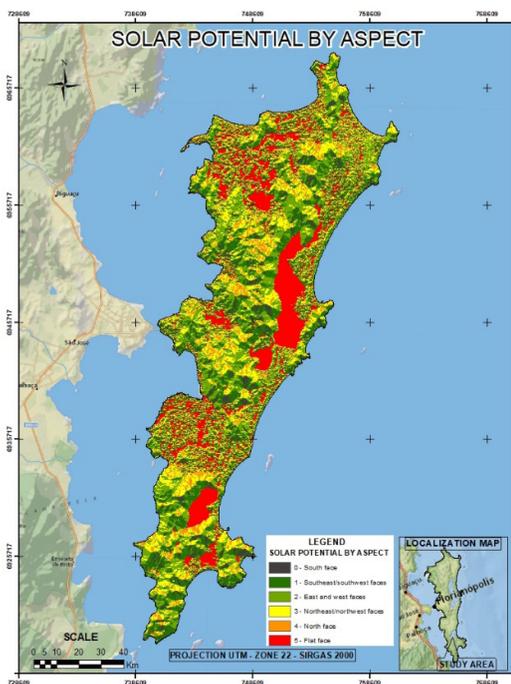


Figura 5 – Potencial solar por Aspecto.

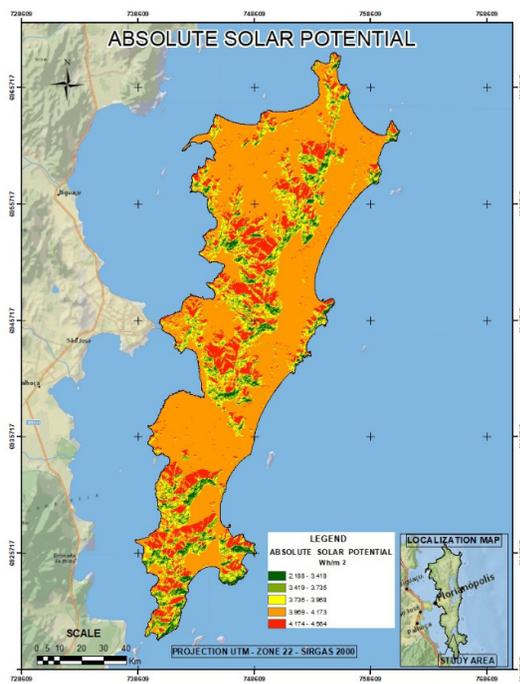


Figura 6 – Potencial solar absoluto – Média diária para o ano de 2019.

Ainda na Figura 7 pode ser verificado que existem muitas áreas com potencial solar identificado em 92,11% da área, com radiações calculadas entre 2,188 e 4,564 wh/m<sup>2</sup> (média diária para o ano de 2019).

De forma a identificar o potencial solar levando em consideração as restrições, ainda foi subtraído do mapa de potencial solar relativo, às Unidades de Conservação (UC) da Ilha de Florianópolis, resultando no mapa da Figura 8, onde pode ser verificado que aproximadamente 17% da Ilha de Florianópolis é composta por essas UC (apresentadas na cor azul) e nos valores por área de potencial solar relativo com restrições apresentados na Tabela 5.

Ao observar a Figura 8 e a Tabela 5 pode ser verificado que, apesar de existir uma área de aproximadamente 17% de UC na Ilha, portanto sem expectativa de exploração de potencial solar, ainda restam 76,73% de área com potencial solar relativo a ser explorada, com valores de radiação entre 2,188 e 4,564 wh/m<sup>2</sup> (média diária para o ano de 2019), sendo que a maioria da área (63,14%) possui alto potencial solar com valores entre 3,903 e 4,564 wh/m<sup>2</sup>. Nenhuma outra restrição foi pesquisada porque considera-se que a energia solar pode ser explorada em áreas urbanas e, inclusive, em regiões de lagos/lagoas.

Radiação (wh/m2)	Área (km2)	Área (%)
Restrição (UC)	71,63	17,01
Sem potencial	26,36	6,26
Entre 2,188 e 3,562	16,37	3,89
Entre 3,563 e 3,902	40,92	9,71
Entre 3,903 e 4,152	212,70	50,50
Entre 4,153 e 4,564	53,25	12,64
Total	421,23	100,00

Tabela 5 – Potencial solar relativo com restrições - média diária para o ano de 2019.

## 6 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conclui-se que todos os objetivos foram atingidos, pois: foram definidas as informações e produtos cartográficos necessários ao desenvolvimento do modelo e da aplicação; foi implementado um modelo em *ModelBuilder* que resultou na identificação de possíveis áreas com potencial solar e; este modelo foi aplicado em uma área de estudo para validação. Os consequentes mapas gerados apresentaram resultados satisfatórios, apontando o referido potencial solar para a área de estudo, ou seja, a Ilha de Florianópolis.

Considera-se que: a aplicação do *Modelbuilder* em diferentes regiões geográficas depende de alguns fatores e necessita que algumas premissas sejam contempladas, como a utilização de MDE para extração da altitude e aspecto (faces de sol), de imagens de satélite ou mapas de uso e ocupação do solo de forma rasterizada para definir as possíveis restrições.

Em relação ao potencial solar da região conclui-se que é alto para exploração solar, pois mais de 76% da região possui algum potencial solar, entre baixo e excelente, devido, principalmente ao relevo e à situação geográfica da Ilha, com muitas faces voltadas ao Norte, Nordeste e Noroeste.

Para as áreas com potencial solar identificadas neste trabalho recomenda-se a realização de estudos mais aprofundados em relação ao tipo de equipamento a ser instalado (térmico para aquecimento de fluidos ou fotovoltaico para geração de energia elétrica), bem como a utilização de outros modelos com maiores resoluções, como os Modelos Digitais de Superfícies (MDS) advindos de levantamentos à laser ou de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), para validação e aprimoramento dos resultados. Recomenda-se ainda que, para aplicações deste modelo geográfico em outras regiões do globo terrestre, as seguintes premissas sejam levadas em consideração a priori: existência de MDE e MDS, configuração de parâmetros para o hemisfério, latitude e aspecto do local, bem como verificação do número de horas de sol por ano, nebulosidade e chuvas.

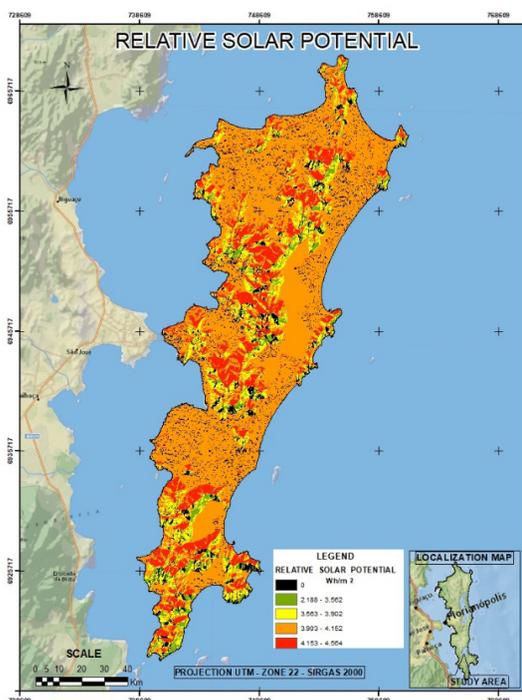


Figura 7 – Potencial solar relativo – Média diária para o ano de 2019.

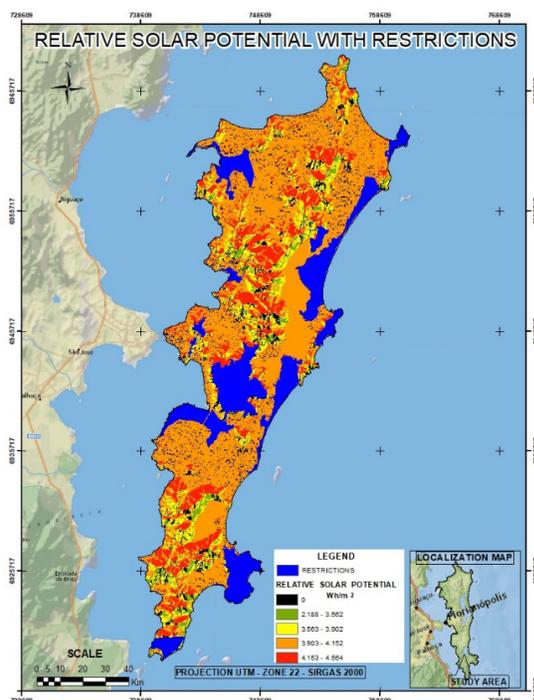


Figura 8 - Radiação solar global relativa com restrições – Média diária para o ano de 2019.

## REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3ª edição. Brasília: ANEEL. 2008. 236 p.

ARENDET, H. **A condição humana**. 10º ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2000.

COLLE, S.; PEREIRA, E. B.; **Atlas de Irradiação Solar do Brasil – 1ª versão para irradiação global derivada de satélite e validada na superfície**. Instituto Nacional de Meteorologia - INPE. Brasília. 1998. 65 p.

DEBETIR, E.; ORTH, D. M. Estratégias de gestão para unidades de conservação. In: Emiliana Debetir; Dora Orth. (Org.). **Unidades de conservação: gestão e conflitos**. 1ed. Florianópolis: Insular Ltda, 2007, v. 1, p. 43-66.

ELOY, A. **Energias Sem-fim – Contrariando as Alterações Climáticas**. Edições Colibri. Lisboa. 2009.

FU, P., RICH, P.M.. Design and implementation of the solar analyst: an ArcView extension for modeling solar radiation at landscape scales. In: **Proceedings of IX Annual ESRI User Conference**. 1999/2000.

HETRICK, W.A., P.M. RICH, AND F.J. BARNES, AND S.B. WEISS. 1993. GIS-based solar radiation flux models. **American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers**, Vol 3, GIS Photogrammetry and Modeling. pp. 132–143.

KÖEPPEN, W. **Sistema geográfico dos climas**. Trad. Antônio C. de Barros Corrêa. Série B: Textos Didáticos, nº13. Departamento de Ciências Geográficas, Recife, UFPE, 1996.

LOVINS, A. B. **Soft energy paths: towards a durable peace**. Harmondsworth, United Kingdom: Penguin Books. 1977.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ONU/DI) - **Observatório de Energias Renováveis para a América Latina e o Caribe – Energia e Mudança Climática**. Programa de Capacitação em Energias Renováveis. 2013. 75 p.

PEREIRA, E. B.; **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Brasília. 2006.

RICH, P.M. 1989. **A manual for analysis of hemispherical canopy photography**. Los Alamos National Laboratory Report, LA-11733-M.

RICH, P.M. 1990. Characterizing plant canopies with hemispherical photography. In: N.S. Goel and J.M. Norman (eds). Instrumentation for studying vegetation canopies for remote sensing in optical and thermal infrared regions. **Remote Sensing Reviews** 5:13–29.

RICH, P.M., W.A. HETRICK, S.C. SAVING. 1995. **Modeling Topographic Influences on Solar Radiation: a manual for the Solarflux model**. Los Alamos National Laboratory Report LA-12989-M.

SANTOS, C. M.; SOUZA, J. L.; TERAMOTO, E. T.; TIBA, C.; MELO, R. O. Modelagem da irradiação solar global média horária mensal ( $h_g^h$ ) para quatro localidades de Alagoas/Brasil. *Nativa, Sinop*, v. 02, n. 02, p. 79-88, abr./jun. 2014. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**. doi: 10.14583/2318-7670.v02n02a04.

STRAHLER, A. N. **Geografía Física**. Barcelona, Ediciones Omega, 1986, 767p.

ŠÚRI M.; HULD T. A.; DUNLOP E. D. PVGIS: a web-based solar radiation database for the calculation of PV potential in Europe. **International Journal of Sustainable Energy**. Taylor & Francis online: United Kingdom. 2005.

**THE SOLAR ANALYST 1.0 - USER MANUAL**. 1999 - 2000. Helios Environmental Modeling Institute (HEMI). Disponível em: <[http://professorpaul.com/publications/fu\\_rich\\_2000\\_solaranalyst.pdf](http://professorpaul.com/publications/fu_rich_2000_solaranalyst.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2019.

TIBA, C. **Atlas Solarimétrico do Brasil – banco de dados terrestre**. Editora Universitária UFPE. Recife. 2000. 111 p.

## QUEIJOS COLONIAIS COMERCIALIZADOS NA MICRORREGIÃO DE FRANCISCO BELTRÃO, PARANÁ: AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA E PERFIL DE RESISTÊNCIA BACTERIANA

Data de aceite: 04/01/2021

Data da submissão: 07/10/2020

### **Kérley Braga Pereira Bento Casaril**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná,  
Colegiado de Nutrição, Francisco Beltrão, PR  
Orcid: 0000-0003-4190-5546

### **Katiana Henning**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná,  
Laboratório de Microbiologia, Francisco  
Beltrão, PR  
Orcid: 0000-0001-6336-2330

### **Caroline Giane de Carli**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná,  
Laboratório de Microbiologia, Francisco  
Beltrão, PR  
Orcid: 0000-0003-4550-4483

### **Ariane Spiassi**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná,  
Laboratório de Microbiologia, Francisco  
Beltrão, PR  
Orcid: 0000-0001-5825-1820

### **Débora Giarretta Zatta**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná,  
Colegiado de Nutrição, Francisco Beltrão, PR  
Orcid: 0000-0002-0682-0881

**RESUMO:** Produtos artesanais/coloniais como queijos são amplamente consumidos na região sul do Brasil. Condições apropriadas para sua produção e armazenamento podem apresentar influência na qualidade tecnológica, físico-química e sanitária do produto final. A presente

pesquisa tem por objetivo determinar parâmetros tecnológicos e físico-químicos, bem como avaliar a qualidade microbiológica e a rotulagem geral e nutricional de queijos coloniais produzidos e comercializados no Sudoeste paranaense. Para tanto, dez amostras foram submetidas às seguintes análises microbiológicas: contagem de coliformes totais, contagem de coliformes termotolerantes e confirmação de *Escherichia coli*, contagem de mesófilos aeróbios totais, contagem de bolores e leveduras e pesquisa de *Salmonella* spp., contagem de *Staphylococcus* spp. e pesquisa de *Staphylococcus coagulase* positiva, bem como análises físico-químicas de pH, acidez em ácido láctico, umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos; avaliação da rotulagem geral e nutricional e perfil de resistência bacteriana. Das amostras de queijo analisadas, 60% apresentaram coliformes totais maiores que 1100 NMP/g, 60% não atende à legislação vigente quanto à presença de coliformes termotolerantes, três amostras estavam contaminadas com *Escherichia coli*, uma com *Salmonella* spp., sete com *Staphylococcus* spp., sendo cinco positivas para coagulase, tornando os queijos impróprios para o consumo. Os resultados apresentados para os parâmetros físico-químicos demonstram que houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre grande parte das amostras avaliadas, bem como para todos os parâmetros analisados. Quanto às análises de rotulagem geral e nutricional, parte das amostras avaliadas apresentaram irregularidades em relação à falta de informação. Todos os isolados testados neste estudo apresentaram resistência a mais de um antimicrobiano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Queijo artesanal, qualidade microbiológica, caracterização físico-química, segurança alimentar.

## COLONIAL CHEESES MARKETED IN THE MICRORREGION OF FRANCISCO BELTRÃO, PARANÁ: MICROBIOLOGICAL AND PHYSICO-CHEMICAL EVALUATION AND BACTERIAL RESISTANCE PROFILE

**ABSTRACT:** Artisanal/colonial products such as cheeses are widely consumed in the southern region of Brazil. Conditions for their production and storage, may have an influence on technological quality, physical-chemical and sanitary quality of the final product. The present research aims to determine parameters technological and physical-chemical, as well as to evaluate the microbiological quality and the general labeling and nutritional of colonial cheeses produced and marketed in the Southwest of Paraná. To this end, 10 samples were submitted to the following microbiological analysis: count of total coliforms, count of thermotolerant coliforms, confirmation of *Escherichia coli*, counts of mesophilic aerobes strict and facultative, counts of molds and yeast, and survey of *Salmonella* spp., counts of *Staphylococcus* spp. and survey of coagulase-positive *Staphylococcus*, as well as, physical-chemical analysis of pH, lactic acid acidity, moisture, ash, proteins, lipids and carbohydrates; general labelling and nutritional assessment, and bacterial resistance profile. Of the cheese samples analyzed, 60% presented total coliforms higher than 1100 MPN/g, 60% did not comply with current legislation regarding the presence of thermotolerant coliforms, three were contaminated with *E. coli* and one with *Salmonella* spp., seven with *Staphylococcus* spp., being five positives for coagulase, making them cheeses unfit for consumption. The results presented for the physical-chemical parameters show that there was a significant difference ( $p > 0.05$ ) between a great part of the samples evaluated, as well as for all parameters analyzed. Regarding the general labelling and nutritional analysis, part of the samples evaluated presented irregularities in relation to the lack of information. All isolates tested in this study showed resistance to more than one antimicrobial agent.

**KEYWORDS:** Artisanal cheese, microbiological quality, physico-chemical characterization, food safety.

## 1 | INTRODUÇÃO

Entre os produtos derivados do leite que apresentam maior consumo no Brasil, estão os queijos, que podem ser produzidos tanto de forma artesanal, quanto industrial (FEITOSA et al., 2003). O queijo colonial é um queijo artesanal, produzido em propriedades rurais, geralmente fabricado com leite cru e, muitas vezes, sem boas práticas de fabricação. Não possui regulamento técnico de identidade e qualidade e em muitos casos não possui serviço de inspeção, ou seja, são produzidos na informalidade (SILVA et al., 2015).

Bastante consumidos e aceitos na região sudoeste do Paraná, os queijos coloniais apresentam fabricação simples e valor nutritivo indiscutível (CASARIL et al., 2017). Porém, seu processamento, na maioria dos casos, ainda é artesanal e apresenta deficiências tecnológicas durante as fases de fabricação, armazenamento e distribuição (IDE; BENEDET, 2001).

Sob este ponto de vista a preocupação predominante diz respeito às condições higiênico-sanitárias no processamento do queijo, visto que a contaminação microbiológica seria a maior responsável pela perda de qualidade dos produtos e pelos malefícios à saúde (FREO; REOLON, 2006). Estudos realizados para avaliar a qualidade microbiológica de queijos produzidos com leite cru relataram ocorrência de micro-organismos patogênicos e contagem de micro-organismos deterioradores em números que excedem, às vezes, os limites estabelecidos pela legislação. Dentre as bactérias patogênicas observadas destacam-se *Salmonella* spp., *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* (FEITOSA et al., 2003; KOTTWITZ; GUIMARÃES, 2003; CAVALCANTE et al., 2007).

Visando garantir proteção à saúde da população, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária publicou no Diário Oficial da União (DOU), a Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 que estabelece os padrões microbiológicos para alimentos. Para o queijo de média umidade, o máximo tolerado de coliformes termotolerantes/g é de  $10^3$  UFC, Estafilococos coagulase positiva/g  $10^3$  UFC e ausência de *Salmonella* spp. e *L. monocytogenes* em 25g de amostra (BRASIL, 2001).

Associado a caracterização microbiológica e físico-química dos queijos coloniais é importante verificar a adequação da rotulagem geral e nutricional conforme estabelece a legislação nacional considerando que o rótulo dos alimentos processados e embalados na ausência do consumidor é o primeiro contato deste com o produto adquirido.

Segundo Marsiglia; Penteado e Almeida-Muradian (2007), há uma relação de consumo, compra, venda, expectativas e consequências, não podendo haver ilusões e falsas imagens construídas em função das informações oferecidas. Portanto, as informações contidas nos rótulos dos alimentos devem respeitar a legislação nacional.

A rotulagem geral e nutricional obrigatória de alimentos e bebidas é condição legal à comercialização de produtos embalados na ausência do consumidor e objetiva, principalmente à saúde da população dando-lhe o direito à informação referente ao consumo adequado e saudável de alimentos e seus nutrientes.

A diversidade de normas associadas a termos técnicos de difícil interpretação na legislação de rotulagem geral e nutricional de alimentos, assim como os elevados custos das análises físico-químicas dificultam a confecção da rotulagem geral e informação nutricional para os produtos oriundos da agricultura familiar, como, por exemplo, os produtos coloniais de origem animal comercializados na região.

Mediante o exposto, a presente pesquisa se justifica, pois há a necessidade de conhecer as características dos produtos coloniais da região e reconhecendo os desafios enfrentados pela agricultura familiar, espera-se contribuir para as discussões e uso de tecnologias adequadas à segurança alimentar dos produtos pesquisados e, assim, agregar valor ao setor.

## 2 | OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Por serem produtos amplamente produzidos e consumidos, muitas vezes em nível de informalidade reconhecido, mas não conhecido, o presente estudo tem por objetivo determinar características físico-químicas, bem como avaliar a qualidade microbiológica e a rotulagem geral e nutricional de queijos coloniais produzidos e comercializados no Sudoeste paranaense.

### 2.2 Objetivos Específicos

Estabelecer as características físico-químicas dos queijos coloniais produzidos e comercializados na região Sudoeste do Paraná, analisar a qualidade microbiológica dos queijos, avaliar a rotulagem geral e nutricional dos queijos coloniais e avaliar a resistência a antimicrobianos de isolados bacterianos patogênicos provenientes destes queijos.

## 3 | MATERIAIS E METODOS

### 3.1 Análises microbiológicas

Dez amostras de queijos coloniais foram adquiridas no período de fevereiro a março de 2017 em supermercados e feiras-livres na região de Francisco Beltrão, sudoeste do Paraná. Após a aquisição, as amostras foram encaminhadas sob refrigeração, ao Laboratório de Biologia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná e submetidas às seguintes análises microbiológicas segundo Brasil (2003d): contagem de coliformes totais, contagem de coliformes termotolerantes e pesquisa de *Escherichia coli*, contagem de mesófilos aeróbios totais, contagem de bolores e leveduras e pesquisa de *Salmonella* sp., contagem de *Staphylococcus* sp e pesquisa de *Staphylococcus aureus*. Todas as análises foram realizadas segundo a metodologia preconizada por Silva et al. (2010).

### 3.2 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas de pH, acidez em ácido láctico, umidade em estufa a 105°C, cinzas em mufla a 550°C e lipídeos pelo método de Soxhlet foram realizadas de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (2008). A determinação de proteínas foi feita pelo método semimicro Kjeldahl descrito por Tedesco et al. (1995). O cálculo de carboidratos totais (por diferença) foi realizado de acordo com os métodos da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005).

### 3.3 Análises da rotulagem geral e nutricional

Foram avaliadas a rotulagem geral e nutricional segundo a legislação vigente. A análise da rotulagem geral dos queijos coloniais foi realizada seguindo a Resolução RDC nº 259, de 20 de setembro de 2002 (BRASIL, 2002) e Regulamento Técnico para Rotulagem de Produto de Origem Animal Embalado (BRASIL, 2005).

Verificou-se a presença de itens obrigatórios da rotulagem geral de alimentos como a denominação de venda do alimento, lista de ingredientes, conteúdos líquidos, identificação da origem, nome ou razão social, identificação do lote, prazo de validade, instruções sobre o preparo e uso do alimento, quando necessário.

Já a verificação da rotulagem nutricional obrigatória foi realizada de acordo com a Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003c) que aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional de alimentos e RDC nº 359, de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003b) que aprova o regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional e através da Lei nº 10.674 (BRASIL, 2003a) que obriga a informação sobre a presença de glúten em produtos alimentícios comercializados.

### 3.4 Perfil de resistência bacteriana

Dois isolados de *Salmonella*, cinco isolados de *Escherichia coli* e cinco isolados de *Staphylococcus coagulase positiva* caracterizados fenotipicamente foram obtidos de 10 amostras de queijos coloniais comercializados da região sudoeste do Paraná.

A caracterização fenotípica para *Staphylococcus coagulase positiva* foi realizada por meio de testes de triagem que incluíram a morfologia macroscópica e microscópica, testes de catalase, coagulase e produção de acetoina (teste de Voges Proskauer). A caracterização fenotípica para *E. coli* e *Salmonella* sp. foram testadas quanto à fermentação dos carboidratos glicose e lactose, crescimento em ágar eosina azul de metileno (EMB), teste de produção de H<sub>2</sub>S e motilidade e teste IMViC [teste de indol, vermelho de metila (VM), Voges-Proskauer (VP)] e utilização de citrato.

Amostras fenotipicamente identificadas como *S. aureus*, *E. coli* e *Salmonella* sp foram submetidas aos testes de suscetibilidade a antimicrobianos utilizando-se o método de difusão em disco, de acordo com as normas do *Clinical Laboratory Standarts Institute* (CLSI, 2008).

Para a realização dos antibiograma, colônias recém-cultivadas (18-24hs) das bactérias isoladas e já identificadas foram inoculadas em solução salina estéril (NaCl 0,85%) e o valor da densidade óptica foi ajustado para 0,5 na escala de McFarland (grau de turbidimetria que equivale a aproximadamente  $1,5 \times 10^8$  UFC/mL) de acordo com a leitura no aparelho DENSIMAT (bioMérieux, França). Em seguida, uma alíquota de 100 µL do inóculo de cada bactéria foi semeada com auxílio de um *swab* esterilizado, em placas contendo Agar Mueller Hinton (Merck, Alemanha).

Os isolados de *S. aureus* foram testados contra os antimicrobianos cefepime (CPM), ciprofloxacina (CIP), cloranfenicol (CLO), clindamicina (CLI), eritromicina (ERI), gentamicina (GEN), oxacilina (OXA), penicilina G (PEN), rifampicina (RIF), sulfazotrim (SUT), tetraciclina (TET) e vancomicina (VAN). E os isolados de *E. coli* e *Salmonella* sp. testados contra os antimicrobianos ampicilina (AMP), amicacina (AMI), ceftazidima (CAZ), cefalotina (CFO),

cefepime (CPM), cefoxitina (CFO), cefuroxima (CRX), ciprofloxacina (CIP), gentamicina (GEN), meropenem (MER), sulfazotrim (SUT) e amoxicilina +ácido clavulânico (AMC). A leitura e a interpretação dos resultados foram realizadas de acordo com os padrões do CLSI (2008) e do National Committee for Clinical Laboratory Standards (Ncclsi, 2003).

Para garantia da qualidade dos experimentos foram utilizadas linhagens de referência, cujos perfis de susceptibilidade aos antimicrobianos são conhecidos. Foram incluídas, como controle positivos: *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25922

### 3.5 Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente através de cálculo de média, desvio padrão, análise de variância e teste de *Tukey* com significância ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ). Foi utilizado o programa Sisvar (FERREIRA, 2011).

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análises microbiológicas

Das amostras de queijo colonial (n=10) analisadas, todas (100 %) apresentaram contagens de coliformes totais variando de 11 NMP.g<sup>-1</sup> a > 1.100 NMP.g<sup>-1</sup> e seis amostras (60%) apresentaram contagem de coliformes totais > 1.100 NMP.g<sup>-1</sup> (Tabela 1). No Brasil, a legislação sanitária em vigência não exige a contagem de coliformes totais em amostras de queijo (BRASIL, 2001), porém, como esses micro-organismos geralmente são contaminantes ambientais, sua contagem elevada indica deficiência na qualidade higiênico-sanitária do produto.

Amostras	Coliformes Totais (NMP.g <sup>-1</sup> )	Coliformes Termotolerantes (NMP.g <sup>-1</sup> )	Presença/Ausência de <i>E. coli</i>	Presença/Ausência de <i>Salmonella</i> spp.
1	>1.100	>1.100	Presença	Ausência
2	>1.100	>1.100	Presença	Ausência
3	>1.100	>1.100	Ausência	Ausência
4	>1.100	>1.100	Ausência	Ausência
5	>1.100	>1.100	Presença	Presença
6	240	7	Ausência	Ausência
7	460	28	Ausência	Ausência
8	11	3	Ausência	Ausência
9	>1.100	>1.100	Ausência	Ausência
10	43	43	Ausência	Ausência

Tabela 1. Número mais provável (NMP.g<sup>-1</sup>) de coliformes totais, coliformes termotolerantes e pesquisa de *Escherichia coli* e de *Salmonella* spp. em amostras de queijos coloniais produzidos na Região Sudoeste do Paraná.

As amostras de queijos analisadas apresentaram contagens de coliformes termotolerantes variando entre 3,0 e  $> 1.100 \text{ NMP.g}^{-1}$  e 60 % das amostras apresentaram contagem de coliformes termotolerantes  $> 1.100 \text{ NMP.g}^{-1}$  (Tabela 1). Oliveira et al. (2012) e Casaril et al. (2016) analisaram respectivamente amostras de queijos coloniais produzidos em diferentes municípios do sudoeste do Paraná e constataram que 50% encontravam impróprias para o consumo humano devido à presença de coliformes termotolerantes acima do limite permitido pela legislação vigente. A Resolução nº 12/2001 estabelece os padrões microbiológicos para alimentos, a fim de garantir proteção à saúde da população e para queijos de média umidade o máximo tolerado de coliformes termotolerantes/g é de  $10^3$  (BRASIL, 2001).

Das amostras de queijos coloniais com contagem de coliformes termotolerantes  $> 1.100 \text{ NMP.g}^{-1}$  (n=6), três estavam contaminadas com *Escherichia coli*. A legislação brasileira não estabelece padrões específicos para *E. coli* em queijos (BRASIL, 2001), porém a presença desse micro-organismo em alimento é utilizada como indicador de contaminação fecal recente ou de condições higiênico-sanitárias insatisfatórias de processamento de alimentos (FENG et al., 2002). Além disso, a presença de *E. coli* em alimentos representa riscos à saúde dos consumidores, pois diversas linhagens são comprovadamente patogênicas para o homem e para os animais (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Uma das amostras de queijos coloniais contaminadas com *Escherichia coli* também estava contaminada com *Salmonella* spp. tornando os queijos impróprios para o consumo (Tabela 1). Em relação aos queijos coloniais, estudos realizados por Antonello, Kupkovski e Bravo (2012); Oliveira et al. (2012) e Casaril et al. (2017) obtiveram 17,85%, 12,5% e 10% das amostras com resultados positivos para *Salmonella*, respectivamente.

Amostra	Aeróbios Mesófilos (UFC/g)	Bolores e leveduras (UFC/g)	<i>Staphylococcus</i> spp (UFC/g)	Teste de coagulase Positivo/Negativo
1	$2,9 \times 10^7$	$5,0 \times 10^3$	0	Negativo
2	$3,3 \times 10^8$	$5,8 \times 10^5$	$>10^3$	Positivo
3	$8,7 \times 10^7$	$6,7 \times 10^6$	$>10^3$	Positivo
4	$5,8 \times 10^6$	$2,0 \times 10^7$	$>10^3$	Positivo
5	$2,1 \times 10^8$	$1,9 \times 10^7$	$>10^3$	Negativo
6	$1,3 \times 10^6$	$1,0 \times 10^6$	$>10^3$	Positivo
7	$8,8 \times 10^5$	$4,2 \times 10^6$	$>10^3$	Positivo
8	$1,5 \times 10^7$	$2,5 \times 10^7$	0	Negativo
9	$2,9 \times 10^5$	$1,2 \times 10^7$	$>10^3$	Negativo
10	0	$1,9 \times 10^6$	0	Negativo

Tabela 2. Contagem de mesófilos (UFC/g) e de bolores e leveduras (UFC/g), *Staphylococcus* sp e presença de *Staphylococcus* coagulase positiva em amostras de queijos coloniais produzidos na Região Sudoeste do Paraná.

As médias obtidas na contagem de mesófilos aeróbios em amostras de queijo colonial variaram de  $2,9 \times 10^5$  UFC/g a  $3,3 \times 10^8$  UFC/g. Resultados inferiores foram obtidos por Casaril et al. (2016) ao analisarem queijos coloniais, cujas contagens variaram de  $5,0 \times 10^2$  UFC/g a  $2,25 \times 10^5$  UFC/g. Roos et al. (2005) obtiveram resultados superiores ao avaliarem queijo colonial obtido em feiras livres na cidade de Três Passos, RS e cujas contagens variaram de  $1,5 \times 10^7$  a  $2,5 \times 10^{10}$  UFC/g. Apesar de não haver limites mínimos ou máximos de contagem de mesófilos em queijos, estabelecidos na legislação brasileira, altas concentrações em alimentos podem indicar que os mesmos foram preparados com matéria-prima altamente contaminada, que o processo foi insatisfatório do ponto de vista sanitário ou que os alimentos foram estocados em condições inadequadas de tempo e de temperatura (LEITE JUNIOR et al., 2000; ROOS et al., 2005).

A contagem de fungos filamentosos e leveduras em amostras de queijos coloniais variaram de  $5,0 \times 10^3$  UFC/g a  $2,5 \times 10^7$  UFC/g. Casaril et al. (2017) observaram valores que variaram de  $1,89 \times 10^4$  UFC/g a  $3,00 \times 10^5$  UFC/g. A legislação brasileira vigente não apresenta valores mínimos ou máximos para bolores e leveduras em queijos, porém a presença desses micro-organismos é um indicador de qualidade dos produtos alimentícios. Segundo Ritter et al. (2003) os fungos representam um perigo a saúde dos consumidores de queijos coloniais, considerando a possibilidade de produzirem micotoxinas, como aflatoxinas, extremamente perigosas ao homem.

Dentre as amostras de queijos coloniais analisadas, 70% estavam contaminadas por *Staphylococcus* spp. e as contagens observadas foram maiores que  $10^3$ . Do total de amostras contaminadas com *Staphylococcus* spp. cinco apresentaram resultado positivo no teste de coagulase (Tabela 2). A legislação brasileira não estabelece padrões para *Staphylococcus* spp. em queijos, entretanto, em os queijos com alta e média umidade não devem possuir contagens de *Staphylococcus* coagulase positiva superiores a  $10^3$  UFC/g. Resultados similares foram observados em pesquisas realizadas por Antonello (2012) e Oliveira, Bravo e Tonial (2012), em 82,14% e 100% das amostras, respectivamente, com números superiores a  $5 \times 10^3$  UFC/g, portanto, acima dos valores máximos estabelecidos, o que oferece perigo à saúde dos consumidores (BRASIL, 2001) Resultados diferentes foram observados no estudo de Oliveira (2011), onde todas as amostras estavam em concordância com a legislação brasileira vigente.

## 4.2 Análises físico-químicas

Os resultados encontrados para os parâmetros físico-químicos das amostras de queijos colonial podem ser visualizados na Tabela 3.

Para o parâmetro potencial hidrogeniônico (pH), as amostras apresentaram médias que variaram entre 5,27 e 6,31. Os valores encontrados neste trabalho foram semelhantes aos de Gambaro et al. (2015) analisando queijos coloniais de Santa Catarina encontraram valores para pH de 5,68 e 5,18.

Segundo Sousa et al. (2014), a determinação do pH é considerada um parâmetro importante para caracterizar queijos devido à sua influência na textura, na atividade microbiana e na maturação, já que ocorrem reações químicas que são catalisadas por enzimas provenientes do coalho e da microbiota, que dependem do pH.

Amostra	pH	Umidade	Ácido Lático	Cinzas	Proteínas	Lipídios	Carboidratos
1	5,73 <sup>b</sup>	40,29 <sup>abc</sup>	0,02 <sup>c</sup>	3,65 <sup>e</sup>	22,47 <sup>bc</sup>	18,33 <sup>cd</sup>	15,24 <sup>b</sup>
2	6,13 <sup>a</sup>	41,16 <sup>abc</sup>	0,03 <sup>bc</sup>	4,57 <sup>c</sup>	21,71 <sup>c</sup>	25,45 <sup>a</sup>	7,10 <sup>d</sup>
3	6,31 <sup>a</sup>	39,08 <sup>bc</sup>	0,02 <sup>c</sup>	4,88 <sup>b</sup>	21,74 <sup>c</sup>	19,59 <sup>cd</sup>	14,68 <sup>b</sup>
4	6,14 <sup>a</sup>	39,05 <sup>bc</sup>	0,02 <sup>c</sup>	4,12 <sup>d</sup>	21,73 <sup>c</sup>	21,30 <sup>bc</sup>	13,77 <sup>bc</sup>
5	5,27 <sup>d</sup>	41,76 <sup>ab</sup>	0,05 <sup>a</sup>	3,67 <sup>e</sup>	23,78 <sup>ab</sup>	26,87 <sup>a</sup>	6,89 <sup>d</sup>
6	5,74 <sup>b</sup>	34,19 <sup>d</sup>	0,03 <sup>bc</sup>	5,49 <sup>a</sup>	25,04 <sup>a</sup>	25,01 <sup>a</sup>	10,25 <sup>cd</sup>
7	5,50 <sup>c</sup>	42,01 <sup>ab</sup>	0,05 <sup>a</sup>	5,59 <sup>a</sup>	21,51 <sup>c</sup>	16,76 <sup>d</sup>	14,13 <sup>bc</sup>
8	5,42 <sup>cd</sup>	37,88 <sup>c</sup>	0,03 <sup>bc</sup>	3,51 <sup>ef</sup>	21,55 <sup>c</sup>	24,20 <sup>ab</sup>	12,84 <sup>bc</sup>
9	5,32 <sup>d</sup>	42,66 <sup>a</sup>	0,05 <sup>ab</sup>	3,36 <sup>f</sup>	21,15 <sup>c</sup>	10,56 <sup>e</sup>	22,27 <sup>a</sup>
10	5,76 <sup>b</sup>	40,95 <sup>abc</sup>	0,02 <sup>c</sup>	4,68 <sup>c</sup>	24,49 <sup>a</sup>	10,26 <sup>e</sup>	19,61 <sup>a</sup>
MG	5,73	39,90	0,03	4,35	22,51	19,83	13,68
CV	1,10	2,87	19,71	1,55	2,19	5,47	10,54

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as médias pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). (MG)=Média Geral. (CV%)=Coeficiente de variação.

Tabela 3. Análises físico-químicas das amostras de queijos coloniais produzidos na Região Sudoeste do Paraná.

Os teores médios de umidade nas amostras analisadas, variaram entre 34,19 e 42,66 com média de 39,90 (Tabela 3). Segundo os padrões determinados para o Mercosul, quanto ao teor de umidade, os queijos podem ser classificados como de baixa umidade (até 35,9%), média umidade (entre 36,0-45,9), alta umidade (46,0-54,9%) e muito alta umidade (maior que 55,0%) (BRASIL, 1996). Assim, os queijos deste estudo podem ser classificados como de média umidade. Resultados médios semelhantes foram encontrados por Mousquer (2007) que, ao avaliar queijos coloniais produzidos no município de Matelândia/PR, verificou valores médios de umidade de 39,38%. Gambaro et al. (2015) obtiveram valores médios de umidade de 40,81%. A variação do teor de umidade se deve ao tipo de prensagem, tamanho dos queijos e o tempo de maturação dos mesmos (SCOTT; ROBINSON; WILBEY, 2002).

A análise de acidez titulável evidenciou valores entre 0,02% e 0,05% de ácido láctico (Tabela 3), resultados estes semelhantes ao proposto por Queiroga et al. (2009), que indicam que a acidez ideal para queijos coloniais deve estar entre 0,03% e 0,04%.

O teor de cinzas ou resíduo mineral fixo avaliado no presente estudo, obteve valores médios entre 3,36% e 5,59%. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Gambaro et al. (2015) ao analisarem queijos coloniais de Santa Catarina e encontraram variação de 2,71% e 5,71. Silva et al. (2015) ao avaliaram queijos coloniais da microrregião de Francisco Beltrão, encontraram variação de 3,06% a 6,99% para o teor de cinzas. O conteúdo de cinzas em produtos lácteos pode variar entre 0,7-6,0%, pois em queijos e em produtos lácteos, devido aos ingredientes utilizados em sua fabricação e à matéria-prima utilizada, há a presença de grandes concentrações de cálcio, fósforo e cloretos (CECCHI, 2003).

O percentual médio de proteínas observado foi de 22,51 (Tabela 3). Estes resultados estão de acordo com estabelecido pela Portaria 146/1996, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que padroniza o percentual de proteínas em queijos entre 20% e 30% (BRASIL, 1996). Ressalta-se que, segundo Figueiredo (2006), os teores de proteínas do leite e, conseqüentemente do queijo podem sofrer influência de fatores ambientais, entre eles, a dieta alimentar, especificamente por diferentes níveis e fontes de nitrogênio na alimentação, além da disponibilidade de energia.

Os teores de lipídeos das amostras variaram entre 10,26% e 26,87%, com média de 19,83%, havendo diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as amostras analisadas (Tabela 3). A legislação brasileira vigente através da Portaria no 146 (BRASIL, 1996) classifica os queijos quanto ao teor de gordura em magros: < 10 a 24,9%; semigordos 25,0% a 44,9%; gordos 45,0% a 54,9% e extra-gordo ou duplo creme e 60,0%. Desta maneira, 70% (7/10) dos queijos analisados podem ser classificados como “magros”, de acordo com a legislação (BRASIL, 1996). Resultados diferentes foram verificados por Gambaro et al (2015) cujos teores de lipídeos das amostras variaram entre 19,33% e 26,95%. Lucas et al. (2012) e Oliveira, Bravo e Tonial (2012), em seus estudos, observaram teores de lipídeos que variaram entre 15,43% a 26,53% e 12,06% a 24,12%, respectivamente. Silveira Júnior et al. (2012) observaram maiores teores de lipídeos em queijos coloniais, com uma variação de 21,12 a 31,32%.

Os valores médios de carboidratos dos queijos analisados apresentaram grande variação, de 6,89 a 22,27% (Tabela 3), valores muito acima do encontrado por outros autores. Em estudos realizados por Gambaro et al. (2015), Oliveira (2011) e Silveira Júnior et al. (2012), foi observado uma variação de carboidratos entre 2,53 a 6,62%; 1,01 a 1,60% e 0,55 a 4,33%, respectivamente. Essa variação nos diferentes estudos pode ser atribuída ao processo utilizado na fabricação dos queijos, que interfere no volume de soro eliminado e na concentração de ácido láctico presente no produto final, uma vez que queijos mais frescos e com menor dessoragem possuem maior quantidade de carboidratos (SCOTT, ROBINSON e WILBEY, 2002).

Os resultados apresentados na tabela 3 demonstram que houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre grande parte das amostras avaliadas, bem como para todos os parâmetros analisados.

### 4.3 Análises de rotulagem geral e nutricional

A Tabela 4 apresenta os resultados das análises de rotulagem geral e nutricional. Do total das amostras analisadas 100% apresentaram rótulo, sendo 50% inspecionadas pelo Serviço de Inspeção Municipal (S.I.M), 40% pelo Serviço de Inspeção Estadual (S.I.P) e 10% pelo Serviço de Inspeção Federal (S.I.F).

Em relação à rotulagem geral (Tabela 4), os queijos foram avaliados conforme a Resolução RDC nº 259, de 20 de setembro de 2002, que se aplica à rotulagem de todo alimento que é comercializado, qualquer que seja sua origem, embalado na ausência do cliente, e pronto para consumo (BRASIL, 2002).

Observou-se que 90% dos produtos (Tabela 4), apresentaram as informações estabelecidas pelo regulamento técnico referentes a denominação de venda do alimento quanto a nome ou razão social, endereço do estabelecimento e CNPJ ou CPF e 100% apresentaram a listagem de ingredientes, forma de conservação do produto, identificação da marca comercial do produto, identificação do lote e identificação de origem. Quanto à data de fabricação e o prazo de validade, 90% apresentaram a informação corretamente no rótulo do produto.

Referentes ao conteúdo líquido, em todas as amostras analisadas o peso não é fixado, estando todos corretos, pois estes devem ser pesados mediante a presença do consumidor no ato da compra, tendo em vista que o queijo é um produto que varia de peso conforme o tempo.

Também foram realizadas análises de rotulagem nutricional (Tabela 4) segundo a legislação vigente. Em relação às informações sobre porção (g), 100% estão de acordo com a legislação e quanto à medida caseira 20% não informaram o valor da medida caseira.

Rotulagem Geral	Amostras									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nome ou razão social, endereço do estabelecimento e CNPJ ou CPF	C	C	C	C	I	C	C	C	C	C
Registro S.I.M, S.I.P ou S.I.F	SIM	SIP	SIP	SIP	SIM	SIM	SIP	SIM	SIM	SIF
Listagem de ingredientes	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Conservação do produto	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Marca comercial do produto	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Identificação do lote	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Data de fabricação	C	C	C	C	C	NC	C	C	C	C
Prazo de validade	C	C	C	C	C	NC	C	C	C	C
Conteúdo líquido	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Identificação da origem		C	C	C	C	C	C	C	C	C

Rotulagem Nutricional										
Porção (g ou mL)	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Medida caseira	C	C	C	C	NC	NC	C	C	C	C
Valor energético (Kcal e Kjoule)	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Carboidratos (g)	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Proteínas (g)	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Gorduras totais (g)	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Gorduras saturadas (g)	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Gorduras trans (g)	C	C	C	C	NC	NC	C	C	C	C
Fibra alimentar (g)	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Sódio (mL ou g)	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
% VD	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Consta/Correto (C); Não consta (NC); Incompleto/Incorreto (I)

Tabela 4. Informação rotulagem geral e nutricional em amostras de queijos coloniais produzidos e comercializados na Região Sudoeste do Paraná.

No que se refere as demais informações nutricionais obrigatórias, 100% dos produtos estão coerentes por constarem valores referentes a Valores Diários de Referência (% VD), carboidratos, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, fibra alimentar, sendo estes expressos por g (gramas) e sódio por mg (miligramas). Quanto ao conteúdo de gorduras trans, 20% das amostras não apresentam essa informação, estão em desacordo com a legislação vigente.

Lobanco et al. (2009), ao avaliarem a fidedignidade de rótulos de 153 alimentos industrializados, habitualmente consumidos por crianças, entre os anos 2001 a 2005, no município de São Paulo (SP), observaram altos índices de não conformidade dos dados nutricionais nos rótulos de alimentos destinados ao público adolescente e infantil, indicando a urgência de ações de fiscalização e de outras medidas de rotulagem nutricional.

Quanto à inscrição, contém ou não contém glúten, 60% dos produtos informaram ausência de glúten. Conforme a Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003 os fabricantes da indústria alimentícia devem escrever se contém ou não contém glúten nas embalagens de todos os alimentos industrializados, como medida preventiva e de controle da doença celíaca (BRASIL, 2003a). Por ser uma doença cujo tratamento é fundamentalmente dietético, a terapia durante a transição alimentar deve ser bem conduzida para melhor adesão do paciente à dieta isenta de glúten (ARAÚJO et al., 2010).

Vale ressaltar que a rotulagem nutricional de alimentos é um apoio valioso para os consumidores, dando-lhes a oportunidade de conhecer a composição do alimento, a segurança quanto à ingestão de nutrientes e energia, bem como informações importantes para a manutenção de sua saúde (FERREIRA et al., 2007).

#### 4.4 Perfil de resistência microbiana

Os resultados dos testes de suscetibilidade foram compilados no quadro 1. Observa-se que as bactérias da família *Enterobacteriaceae* apresentaram um perfil maior de resistência aos antimicrobianos quando comparados aos *Stahylococcus* coagulase positiva. Considerou-se neste estudo os resultados para vancomicina indeterminados, pois desde 2009 o teste não é mais recomendado pelo CLSI, para verificação da sensibilidade do *S. aureus*, por não apresentar resultados confiáveis pelo método de difusão em disco. Deve ser realizada a MIC (concentração inibitória mínima).

Todos os isolados testados neste estudo apresentaram resistência a mais de um antimicrobiano (Quadro 1). Os isolados de *Salmonella* sp apresentaram um perfil maior de resistência a cefalotina, cefoxitina, cefuroxina e sulfazotrim e foram sensíveis aos antimicrobianos amicacina, ceftazidima, ciprofloxacina, gentamicina e meropenem. Dos isolados de *Escherichia coli* apenas os antimicrobianos ciprofloxacina, gentamicina e meropenem apresentaram um perfil de sensibilidade quando testados. Semelhantes ao encontrado entre bactérias da família *Enterobacteriaceae*, os isolados de *Stahylococcus* coagulase positiva também apresentaram sensibilidade ciprofloxacina e gentamicina. Os isolados ainda apresentaram resistência a penicilina G, rifampicina e sulfazotrim

<i>Salmonella</i> sp	AMP	AMI	CAZ	CFL	CPM	CFO	CRX	CIP	GEN	MER	SUT	AMC
Isolado 1	R	S	S	R	S	R	R	S	S	S	R	S
Isolado 2	S	S	R	R	R	R	R	S	S	S	R	R
<i>Escherichia coli</i>	AMP	AMI	CAZ	CFL	CPM	CFO	CRX	CIP	GEN	MER	SUT	AMC
Isolado 1	R	R	R	I	R	R	R	S	S	S	R	R
Isolado 2	R	R	R	R	R	R	R	S	S	S	R	R
Isolado 3	R	R	R	R	R	R	R	S	S	S	R	S
Isolado 4	R	R	R	I	R	R	R	S	S	S	R	S
Isolado 5	R	R	R	R	R	R	R	S	S	S	R	R
<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva	CPM	CIP	CLO	CLI	ERI	GEN	OXA	PEN	RIF	SUT	TET	VAN
Isolado 1	S	S	S	I	S	S	S	R	R	R	S	I
Isolado 2	S	S	S	I	S	S	S	R	R	R	S	I
Isolado 3	S	S	I	R	R	S	R	R	R	R	R	I
Isolado 4	S	S	I	R	R	S	R	R	R	R	R	I
Isolado 5	R	S	S	R	R	S	R	R	R	R	R	I

R = Resistência; I = indeterminado; S= Sensibilidade.

Quadro 1. Perfil de resistência aos antimicrobianos testados em isolados de *Salmonella* sp., *Escherichia coli* e *Stahylococcus* coagulase positiva provenientes de amostras de queijos coloniais produzidos e comercializados na Região Sudoeste do Paraná.

Estudo realizado por Kuchenbecke, Ribeiro e Cardoso (2009) para avaliar o perfil de resistência de isolados de *Staphylococcus aureus* obtidos de produtos de origem animal analisados pelo Serviço de Inspeção Federal do Brasil observou que todos os isolados eram sensíveis a gentamicina e dentre os antimicrobianos testado do referido estudo a penicilina está entre os antimicrobianos com maior resistência.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maioria das amostras de queijo colonial analisadas neste estudo se encontra em desacordo com a legislação brasileira em vigor quando a inocuidade. Seis amostras apresentaram elevadas contagens de coliformes totais e, também, não atende à legislação vigente quanto à presença de coliformes termotolerantes. Verificou-se ainda que três estavam contaminadas com *E. coli*, uma com *Salmonella* spp. sete com *Staphylococcus* spp. sendo cinco coagulase positiva, tornando-os queijos impróprios para o consumo.

Em relação aos parâmetros físico-químicos observou-se que houve diferença significativa entre grande parte das amostras avaliadas, bem como para todos os parâmetros analisados, demonstrando diversidade de resultados, os quais refletem na ausência de padronização do processo produtivo, indicando a necessidade de estabelecer parâmetros de identidade e de qualidade de queijos coloniais, visando a elaboração de produtos com qualidade nutricional adequada, além de preservar as suas características.

A rotulagem geral e a nutricional de algumas amostras analisadas apresentaram irregularidades quanto às informações obrigatórias, as quais são exigidas pela legislação para sua comercialização.

Todos os isolados testados neste estudo apresentaram resistência a mais de um antimicrobiano e as bactérias da família *Enterobacteriaceae* apresentaram um perfil maior de resistência aos antimicrobianos testados neste estudo, quando comparados aos *Staphylococcus* coagulase positiva.

Os resultados obtidos indicam que os queijos coloniais produzidos na região Sudoeste do Paraná devem merecer atenção dos órgãos de saúde pública, pois representam um risco potencial para a saúde do consumidor.

## REFERÊNCIAS

ANTONELLO, L.; KUPKOVSKI, A.; BRAVO, C.C. Qualidade microbiológica de queijos coloniais comercializados em Francisco Beltrão, Paraná. **Revista Thema**, v.9, n.1, p.1-6, 2012.

ARAUJO, H. M. C.; ARAUJO, W. M. C.; BOTELHO, R. B. A.; ZANDONADI, R. P. Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. **Revista de Nutrição**, v. 23, n.3, p. 467-474, 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL (AOAC). **Official methods of analysis**. 18<sup>a</sup> ed., 3<sup>a</sup> rev. Arlington, VA, EUA: AOAC International, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 62 de 26 de agosto de 2003. Oficializa os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 set. 2003(d). p.14.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. . Instrução Normativa nº 22 de 24 de novembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Rotulagem de Produto de Origem Animal embalado. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. 2005 25 nov.; Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 259, 20 de setembro de 2002. A Diretoria Colegiada da ANVISA/MS aprova regulamento técnico sobre rotulagem de alimentos embalados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. 2002 23 set; Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003. Obriga a informação sobre a presença de glúten em produtos alimentícios comercializados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 2003(a).

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC Nº. 359, DE 23 de dezembro de 2003. A Diretoria Colegiada da ANVISA/MS aprova regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. 2003(b) 26 dez; Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. A Diretoria Colegiada da ANVISA/MS aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. 2003 (c) 26 dez; Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 12, de 2 janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 10 jan. 2001, n. 7-E, Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Portaria n.146, de 7 de março de 1996. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. 1996

CASARIL, K. B. P. B.; BENTO, C. B. P.; HENNING, K.; PEREIRA, M. DIAS, V. A. Qualidade microbiológica de salames e queijos coloniais produzidos e comercializados na região sudoeste do Paraná. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.7, n.2, p.75-85, 2017

CAVALCANTE, J. F. M.; ANDRADE, N. J.; FURTADO, M.M.; FERREIRA, C. L. L. F.; PINTO, C. L. O.; ELARD, E. Processamento do queijo coalho regional empregando leite pasteurizado e cultura láctica endógena. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.27, n.1, p. 205-214, jan./mar. 2007.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2º ed., Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003.

FEITOSA, T; BORGES, M. F.; NASSU, R.T.; AZEVEDO, E. H. F., MUNIZ, C. F. Pesquisa de *Salmonella* sp., *Listeria* sp. e microrganismos indicadores higiênico-sanitários em queijos produzidos no Estado do Rio Grande do Norte. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 23, Suppl.10, p.162-165, dec. 2003.

FENG, P.; WEAGANT, S. D.; GRANT, M.A. Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. **Bacteriological Analytical Manual Online**, v.4, p.1-14, 2002. In: [http:// www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-4.html](http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-4.html) (acessado em 17 de abril de 2017).

FERREIRA, A. B.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Legislação brasileira referente à rotulagem nutricional de alimentos. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 1, p.83-93, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, E. L. **Elaboração e caracterização do “Queijo Marajó”, tipo creme, de leite de búfala, visando sua padronização**. 2006. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Pará, Belém

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008. 182p.

FREO, J. D.; REOLON, J. I. Qualidade dos produtos derivados de carne e leite, industrializados pelas agroindústrias de Frederico Westphalen, RS. **Higiene Alimentar**, v.21, n.140, p. 53-59, 2006.

GAMBARO, A. C.; KOTTWITZ, L. B. M.; CORSATO, A. C. M.; FARIÑA, L. O. Caracterização composicional do queijo colonial. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA E INOVAÇÃO – EAICTI, 1, 2015. Cascavel, **Anais...Cascavel**, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015

IDE, L. P. A.; BENEDET, H.D. Contribuição ao conhecimento do queijo colonial produzido na região serrana do Estado de Santa Catarina, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.6, p. 1351-1358, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 4. ed. São Paulo: IMESP, 2008.

KOTTWITZ, L. B. M.; GUIMARÃES, I. M. Avaliação microbiológica de queijos coloniais produzidos no Estado do Paraná. **Higiene Alimentar**, v. 17, p. 77-80, 2003.

KUCHENBECKER, B. S., RIBEIRO A. R.; CARDOSO M. Perfil de resistência de isolados de *Staphylococcus aureus* obtidos de produtos de origem animal analisados pelo Serviço de Inspeção Federal do Brasil. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.37, n2, p. 143-149, 2009

LEITE JUNIOR, A.F.S; FLORENTINO, E.R.; OLIVEIRA, E.B. et al. Qualidade microbiológica do queijo tipo coalho comercializado à temperatura ambiente ou sob refrigeração, Campina Grande, PB. **Higiene Alimentar**, v.14, n.73, p.53-59, 2000.

LOBANCO, C. M.; VEDOVATO, G. M.; CANO, C. B.; BASTOS, D. H. M. Fidedignidade de rótulos de alimentos comercializados no município de São Paulo, SP. **Revista de Saúde Pública**, v. 43, n.3, p. 499-505, 2009.

LUCAS, S. D.M.; SCALCO, A.; FELDHAUS, S.; DRUNKLER, D.A.; COLLA, E. Padrão de identidade e qualidade de queijos Colonial e Prato, comercializados na cidade de Medianeira – PR. **Revista Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**, v. 67, p. 38-44, 2012.

MARSIGLIA, D.A.P.; PENTEADO, M.V.C.; ALMEIDA-MURADIAN, L.B. In: ALMEIDA-MURADIAN, L. B., PENTEADO, M. D. V. C. (Org.). **Vigilância Sanitária: tópicos sobre legislação e análise de alimentos.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. cap. 4, p. 46 - 71.

MOUSQUER, E. C. Aspectos de composição e avaliação das condições gerais de produção do queijo colonial por agricultores familiares na região oeste do Paraná. Monografia. Especialização. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2007.

NCCLS. **Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests; approved standard** (8ª Ed.). Wayne, Pennsylvania: NCCLS, 2003.

OLIVEIRA, D. F. Estudo da interferência da sazonalidade na composição centesimal e qualidade microbiológica de queijos coloniais. 2011. 40p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2011.

OLIVEIRA, D.F.; BRAVO, C.E.C.; TONIAL, I. B. Sazonalidade como fator interferente na composição físico-química e avaliação microbiológica de queijos coloniais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, p.521-523, 2012.

QUEIROGA, R. C. R. E.; GUERRA, I. C. D.; OLIVEIRA, C. E. V.; OLIVEIRA, M. E. G.; SOUZA, E. L. Elaboração e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de queijo "tipo minas frescal" de leite de cabra condimentado. **Revista Ciências Agrônomicas**. v. 40, n. 3, p. 363-372, 2009.

RITTER, R.; SANTOS, D.; AGOSTINI, F.S. et al. Microbiologia contaminante e patogênica de linguiça (salame) colonial, analisada em quatro períodos distintos. **Higiene Alimentar**, v.17, n.113, p.60-66, 2003.

ROOS, T.B.; SCHEID FILHO, V.B.; TIMM, C.D. et al. Avaliação microbiológica de queijos coloniais produzidos na cidade de Três Passos. **Higiene Alimentar**, v.19, n.132, p. 94-96, 2005.

SCOTT, R.; ROBINSON, R. K; WILBEY, R. A. **Fabricación de queso**. 2. ed., Zaragoza: Acribia, 2002. 488 p

SILVA, F.; SILVA, G.; TONIAL, I. B.; CASTRO-CISLAGHI, F. P. Qualidade microbiológica e físico-química de queijos coloniais com e sem inspeção, comercializados no Sudoeste do Paraná. **Boletim CEPPA**, v. 33, n. 2, 2015

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.; TANIWAKI, M.H.; SANTOS, R.F.S.; GOMES, R.A.R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4.ed., São Paulo: Varela, 2010. 632p.

SILVEIRA JÚNIOR, J.F.; OLIVEIRA, D.F.; BRAGHINI, F.; LOSS, E.M.S.; BRAVO, C.E.C.; TONIAL, I.B. Caracterização físico-química de queijos coloniais produzidos em diferentes épocas do ano. **Revista Instituto de Laticínios "Cândido Tostes"**, v. 67, p. 67-80, 2011.

SOUZA, A. Z. B. et al. Aspectos físico-químicos e microbiológicos do queijo tipo coalho comercializado em estados do nordeste do Brasil. **Arquivo do Instituto de Biologia**, São Paulo, v. 81, n. 1, p. 30-35, 2014.

TEDESCO, J. M.; GIANELLO, C.; BISSANI, A. C.; BOHNEN, H. E; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. **Boletim Técnico 5**. Porto Alegre, RS, 1995.

## SEQUÊNCIA DE FIBONACCI: A MATEMÁTICA PRESENTE NA NATUREZA

*Data de aceite:* 04/01/2021

*Data de submissão:* 06/11/2020

### **José Augusto Pereira Nogueira**

Universidade Regional do Cariri – URCA  
Campos Sales – Ceará

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4081-8889>

### **Antonia Erineide Cavalcante**

Universidade Regional do Cariri – URCA  
Campos Sales – Ceará

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0717-2991>

**RESUMO:** Abordamos nesse trabalho uma pesquisa bibliográfica sobre a sequência de Fibonacci, retratando sua origem, fórmula geradora e principalmente da sua ligação à natureza. A sucessão de Fibonacci é uma sequência de números naturais: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34..., onde cada termo subsequente corresponde à soma dos dois anteriores, na qual os primeiros termos são 0 e 1. Esta sequência inspira muitos matemáticos por suas diversas propriedades e aplicabilidades importantes. Iremos ressaltar de maneira objetiva sua aparição na natureza, um contato íntimo da Matemática com o mundo material. Com esse estudo objetivamos promover conhecimento sobre o aparecimento dos números de Fibonacci na natureza, estimular o interesse pela pesquisa, como também o estudo pela História da Matemática, proporcionar às pessoas a percepção que a Matemática está relacionada com o mundo concreto. Para a análise do trabalho nos debruçamos sobre

artigos, dissertações, monografias e publicações em websites acerca do tema, priorizamos por um conteúdo matemático aplicável no cotidiano e que ao mesmo tempo estivesse relacionado ao conteúdo do nosso estudo, indução matemática e suas aplicações. Apesar de apresentar uma fórmula matemática e uma representação geométrica, a Sequência de Fibonacci está intimamente ligada a padrões observados na natureza, como no crescimento de uma árvore, nas folhas e flores das plantas e até mesmo em animais. Diante de todo estudo podemos concluir que essa pesquisa possibilitou um conhecimento muito rico sobre a sequência de Fibonacci, abordando a Matemática e suas aplicações presentes nos detalhes da natureza, de forma concreta, a percepção da matemática em tudo, até em lugares inesperados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Matemática, Aplicação, Sequência de Fibonacci.

### FIBONACCI SEQUENCE: MATHEMATICS IS PRESENT IN NATURE

**ABSTRACT:** In this work we approached a bibliographic research about the Fibonacci sequence, depicting its origin, generator formula and mainly its connection to nature. The Fibonacci sequence is a sequence of natural numbers: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34,..., which each subsequent term corresponds to the sum of the previous two, in which the first terms are 0 and 1. This sequence inspires many mathematicians for their diverse properties and important applicability. We will objectively emphasize its appearance in nature, an intimate contact of Mathematics with the material world. With this study we aim

to promote knowledge about the appearance of Fibonacci numbers in nature, to stimulate interest in research, as well as the study of the History of Mathematics, to provide people with the perception that Mathematics is related to the concrete world. For the analysis of the work we look at articles, dissertations, monographs and publications on websites about the subject, we prioritize a mathematical content that is applicable in everyday life and that at the same time was related to the content of our study, mathematical induction and its applications. Despite presenting a mathematical formula and a geometric representation, the Fibonacci Sequence is closely linked to patterns observed in nature, such as the growth of a tree, the leaves and flowers of plants and even animals. In the face of any study we can conclude that this research enabled a very rich knowledge about the Fibonacci sequence, addressing Mathematics and its applications present in the details of nature, in a concrete way, the perception of mathematics in everything, even in unexpected places.

**KEYWORDS:** Mathematics, Application, Fibonacci Sequence.

## 1 | INTRODUÇÃO

A sucessão de Fibonacci é uma sequência de números naturais: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144..., onde cada termo subsequente corresponde à soma dos dois anteriores, na qual os primeiros termos como vimos são 0 e 1. Foi o matemático Leonardo de Pisa que viveu aproximadamente entre os anos de 1180 a 1250, conhecido como Leonardo Fibonacci, o autor de tal sequência.

Ao longo dos anos estudos vem sendo desenvolvidos e outras áreas da Matemática sendo relacionadas a esse conhecimento matemático que é aplicável de várias formas ao mundo material, até na natureza.

## 2 | A SEQUÊNCIA DE FIBONACCI

Apesar de apresentar uma fórmula matemática e uma representação geométrica, a Sequência de Fibonacci está intimamente ligada a padrões observados na natureza, seja pela sucessão numérica ou pela espiral, como no crescimento de uma árvore, nas folhas e flores das plantas e até mesmo em animais.

A sequência de Fibonacci foi oriunda do problema dos coelhos, cujo enunciado está a seguir: *Certo homem pôs um casal de coelhos em um lugar totalmente cercado. Quantos casais de coelhos podem ser gerados por esse casal em um ano se supusermos que a cada mês cada casal gera um novo casal, o qual começa a se reproduzir a partir do segundo mês de vida?*

Para a solução deste problema observamos que no final do primeiro mês haverá somente 1 casal de coelhos, que foi o inicial. No segundo mês, haverá um casal maduro que vai gerar um novo casal, somando assim 2 casais. No terceiro mês serão dois casais maduros e um casal novo, totalizando 3. No quarto mês, 3 casais maduros e dois casais jovens, somando 5 casais, e assim sucessivamente, como vemos na tabela abaixo.

Mês	Casais maduros	Casais novos
1	1	0
2	1	1
3	2	1
4	3	2
5	5	3
6	8	5
7	13	8
8	21	13
9	34	21
10	55	34
11	89	55
12	144	89

Tabela 1 – Solução do problema dos coelhos

Dessa forma, em um ano terá um total de 233 casais de coelhos. A solução deste problema foi exposta por Leonardo de Pisa, no ano de 1202, em seu primeiro livro *Liber Abacci*.

Podemos observar que a solução do problema reprodução dos coelhos gera uma sequência que é amplamente estruturada 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ..., chamada Sequência de Fibonacci. Esta sequência é recorrente, ou seja, para saber um determinado valor (número) na sucessão é preciso ter conhecimento dos dois números anteriores a este número, com exceção dos dois primeiros termos, que são 0 e 1. A sequência de Fibonacci possui inúmeras propriedades interessantes, além de muitas aplicações.

Em 1843, o matemático francês Jacques Philippe Marie Binet descobriu uma fórmula que possibilita o cálculo de qualquer número de Fibonacci ( $F_n$ ), onde

$$F_n = \frac{1}{\sqrt{5}} \left\{ \left( \frac{1+\sqrt{5}}{2} \right)^n - \left( \frac{1-\sqrt{5}}{2} \right)^n \right\}.$$

A demonstração da fórmula acima é feita por indução matemática.

Um dos termos da fórmula de Binet,  $\left( \frac{1+\sqrt{5}}{2} \right)$ , é o famoso número de ouro, representado pela letra grega  $\Phi$  (phi). Este número, irracional, é conhecido também como razão áurea e seu valor é aproximadamente 1,618. Após a descoberta dessa fórmula, a sequência de Fibonacci e a razão áurea ganharam uma relação íntima.

A razão áurea é também conhecida como retângulo áureo, e segundo Silva (2015, p.35) “o que existe de mais fascinante com o retângulo áureo, é sua relação com a sequência de Fibonacci, dando origem a chamada espiral áurea ou espiral de Fibonacci”.

A espiral de Fibonacci é construída aos moldes da “razão extrema e média” proposta por Euclides. Pode ser obtida tomando um quadrado com lado 1, sobreposto de outro quadrado, dividido e formado em um retângulo com lados 2 e 1, assim sucessivamente fazendo retângulos, obedecendo a sequência de Fibonacci, obtemos a espiral áurea, como observado na Figura 1.

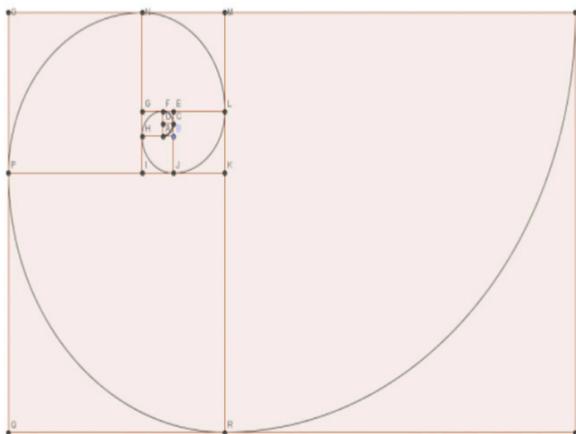


Figura 1 – Espiral de Fibonacci

Fonte: Silva (2015, p. 35)

Observando a espiral áurea percebemos que ela possui formato de uma curva muito interessante que se enrola para seu interior com segmentos curvos diferentes, porém formatos iguais, que já foi chamada de “o olho de Deus”. Os números de Fibonacci são encontrados em diversas situações seja na forma numérica ou através da espiral.

### 3 | SEQUÊNCIA DE FIBONACCI EM PLANTAS E FLORES

Os números dessa sucessão aparecem facilmente no arranjo de folhas do ramo de uma planta, basta observarmos o crescimento de seu caule. A medida que esta se desenvolve a quantidade de novos ramos que aparecem, descrevem a sequência de Fibonacci.

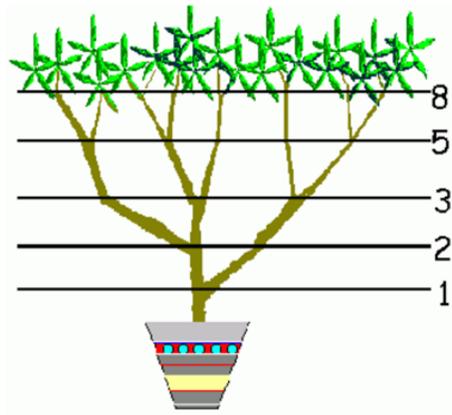


Figura 2 – Planta com caule seguindo a sequência de Fibonacci

Fonte: Queiroz (2007, p. 21)

É possível observar essa sequência em copas das árvores ou até mesmo no número de pétalas das flores. Um exemplo são as imagens da Figura 3 que possuem 3 e 5 pétalas, respectivamente, outras possuem 13 pétalas, assim representam a sucessão de Fibonacci.



Figuras 3 – Flores com 3 e 5 pétalas

Fonte: Silva (2015, p. 43)

#### 4 | ESPIRAL DE FIBONACCI EM ANIMAIS

Já no caso dos animais podemos observar claramente a espiral nos chifres continuamente crescidos do antílope.



Figura 4 - Antílope com chifre em forma de espiral

Fonte: Silva (2015, p. 41)

Outro animal é o camaleão que ao contrair seu rabo forma uma das espirais mais perfeitas.



Figura 5 - Camaleão com rabo em forma de espiral

Fonte: Silva (2015, p. 41)

## 5 | CONCLUSÃO

Esse estudo possibilitou um conhecimento muito rico sobre a Sequência de Fibonacci desde sua formulação através do problema dos coelhos até sua estreita relação com a razão áurea.

Mostramos dessa forma, como a Matemática, apesar de abordar conteúdos abstratos, pode ser encontrada de forma concreta em nosso cotidiano, até em lugares inesperados, como a observação da Sequência de Fibonacci e a razão áurea encontradas na natureza.

## REFERÊNCIAS

FERREIRA, Rogério A. **Sequência de Fibonacci**. UNIFIEO, São Paulo, 2007. Disponível em: <<https://incertezaemprincípio.files.wordpress.com/2012/07/tc-sequenciaanciadefibonacci.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2020.

FREITAS, F. M. **A proporção áurea e curiosidades históricas ligadas ao desenvolvimento da ciência**. 51 f. — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <<https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/comat/TCC%20Razao%20aurea%20e%20proporcionalidade%20propostas%20de%20ensino%20versao%20final.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2020.

QUEIROZ, R. M. **Razão áurea: a beleza de uma razão surpreendente**. 39 f. Secretaria do Estado da Educação - SEED, Londrina - PR, 2007. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/674-4.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2020.

SILVA, Reginaldo Leoncio. **A Sequência de Fibonacci**: contexto histórico, propriedades, aplicações e propostas de atividades didáticas para alunos do primeiro ano do ensino médio. Vitória da Conquista – BA: Dissertação de Mestrado Profissional (PROFMAT), 2015. Disponível em: <<https://www.google.com/search?q=sequencia+de+fibonacci++reginaldo+leoncio&oq=sequencia+de+fibonacci++reginaldo+leoncio&aqs=chrome..69i57.26869j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>>. Acesso em: 22 out. 2019.

## SOFTWARE GEOGEBRA COMO PROPOSTA PARA O ENSINO DE FUNÇÕES VETORIAIS

Data de aceite: 04/01/2021

### **Maurício do Socorro Rodrigues Ferreira**

**José Francisco da Silva Costa**

<http://lattes.cnpq.br/9492719731740641>

**Nélio Santos Nahum**

<http://lattes.cnpq.br/2474290454840252>

**Walber Do Carmo Farias**

<http://lattes.cnpq.br/7811074488344625>

**José Augusto dos Santos Cardoso**

<http://lattes.cnpq.br/4878996043755919>

**Rosenildo da Costa Pereira**

<http://lattes.cnpq.br/7733457193346475>

**Reginaldo Barros**

<http://lattes.cnpq.br/9658271624403087>

**Rodinely Serrão Mendes**

<http://lattes.cnpq.br/4638320632598603>

**Rosana dos Passos Corrêa**

<http://lattes.cnpq.br/1993293477854728>

**Márcio José Silva**

<http://lattes.cnpq.br/6448665450868365>

**Joana Darc de Sousa Carneiro**

<http://lattes.cnpq.br/5081650215660850>

**Genivaldo dos Passos Corrêa**

<http://lattes.cnpq.br/6321452953013620>

**RESUMO:** A escassez de materiais que servissem de apoio para o desenvolvimento dos gráficos de funções vetoriais no software Geogebra foi o que nos motivou no desenvolvimento desta pesquisa. Este trabalho tem como proposta o uso do software Geogebra no ensino das funções vetoriais, servindo de material de apoio para o processo de ensino-aprendizagem. Utilizamos como ferramenta o Geogebra 6, que é um software matemático muito prático e pode auxiliar os docentes em suas aulas de matemática. Enfatizamos o estudo de funções, em particular o de funções vetoriais, já que representa um grande desafio para os professores, quando se trata de representar graficamente o comportamento dessas funções no quadro, pois muitas vezes não ajudam os alunos a ter a interpretação pretendida com o que está sendo desenhado. Esperamos como resultado uma melhor assimilação do conteúdo e maior dinamicidade nas aulas de matemática.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Matemática, Geogebra, Funções Vetoriais.

**ABSTRACT:** The scarcity of materials that would support the development of vector function graphs in Geogebra software was what motivated us in the development of this research. This work proposes the use of Geogebra software in the teaching of vector functions, serving as support material for the teaching-learning process. We use Geogebra 6 as a tool, which is a very practical mathematical software and can help teachers in their math classes. We emphasize the study of functions, in particular that of vector functions, since it represents a great challenge for teachers

when it comes to graphically represent the behavior of these functions in the framework, because they often do not help students to have the interpretation intended with the that is being drawn. We expect as a result a better assimilation of content and greater dynamicity in math classes.

**KEYWORDS:** Mathematics teaching, Geogebra, Vector Functions.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Geogebra (aglutinação das palavras Geometria e Álgebra) é um programa de geometria dinâmica criado para ser utilizado em sala de aula. Esse software foi desenvolvido pelo austríaco Markus Hohenwater com o objetivo de ser um recurso didático. Ele iniciou o projeto do Geogebra na Universitat Salzburg em 2001 e, desde então, segue em processo de desenvolvimento e aprimoramento na Florida Atlantic University. A popularidade desse software cresce dia após dia desde sua criação.

Com ele se podem fazer construções com pontos, vetores, segmentos, retas, seções cônicas, bem como funções e mudá-los dinamicamente depois. Podem ser incluídas equações e coordenadas diretamente. Assim, é capaz de lidar com variáveis e para números, vetores e pontos; derivar e integrar funções e ainda, oferece comandos para encontrar raízes e pontos extremos de uma função. De acordo com Ferreira (2010), em seu artigo “Ensinando Matemática com o Geogebra”

Uma das vantagens do GeoGebra em relação a outros programas de geometria dinâmica é que não se precisa dominar todas as ferramentas do programa para usá-lo. Também tem uma quantidade maior de recursos.

Assim sendo este artigo tem como objetivo geral desenvolver um material que sirva de apoio para o ensino-aprendizagem das funções vetoriais, utilizando o software Geogebra e como objetivos específicos, Mostrar as definições e os conceitos básicos de funções vetoriais; Benefícios do uso do Geogebra nas aulas de funções vetoriais para visualizar gráficos em 2D e 3D; Visualizar o comportamento das funções vetoriais no  $e$ ,  $e$ ; exemplificar o conteúdo trabalhado.

## 2 | FUNÇÕES VETORIAIS E GRADIENTE

### 2.1 Definição de Vetores

Vetor, fisicamente falando, é uma forma matemática de representar entidades físicas que possuem mais de uma característica em sua descrição. Por exemplo, quando você está no seu carro a 60 km/h, você percebe que ela tem uma intensidade (um valor), uma direção e um sentido (não confunda sentido e direção, são conceitos diferentes! Por exemplo, quando você percorre a rua que vai ao seu colégio (direção), você pode percorrer o sentido casa-colégio ou colégio-casa.).

Todas as chamadas grandezas físicas podem ser chamadas grandezas vetoriais

se elas possuírem essas três características: módulo, direção e sentido. Exemplos de grandezas assim: a força, a própria velocidade, a aceleração, o deslocamento, etc.

Na matemática, um vetor é representado através de uma seta orientado para a direção de seu sentido, conforme mostra a Figura 1, desenvolvida com o auxílio do Geogebra. E vetores também podem ser adicionados, subtraídos, multiplicados por um número ou mesmo ter seu sentido invertido (quando o multiplicamos por  $-1$ , e essas operações obedecem: comutatividade, associatividade e distributividade). A multiplicação de um número (ou divisão) por um vetor altera sua intensidade, podendo torná-la mais ou menos intensa (geralmente a esse número damos o nome de escalar). Na Figura 1 veremos a representação do vetor no Plano Cartesiano.

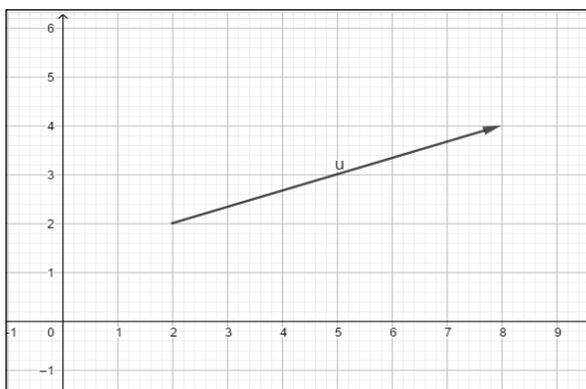


Figura 1 - Vetor no Plano Cartesiano

Fonte: Autor, 2018.

Nas Figuras 2 e 3 demonstramos o vetor representado no  $\mathbb{R}^3$  e sua base canônica, respectivamente, com a utilização do software Geogebra.

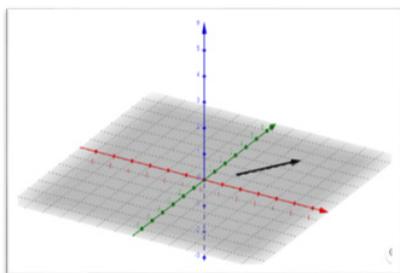


Figura 2 - Vetor no  $\mathbb{R}^3$

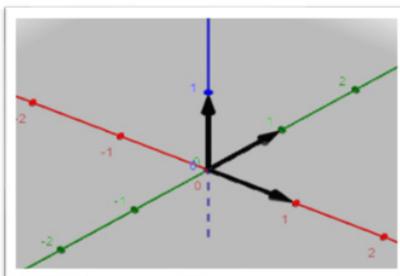


Figura 3 - Base canônica  $\{\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}\}$

Fonte: Acervo dos autores

## 2.2 Definição de Função Vetorial

Uma função vetorial de uma variável real a valores em  $\mathbb{R}^n$  é uma função  $F: I \rightarrow \mathbb{R}^n$ , onde  $I$  é um subconjunto de  $\mathbb{R}$ , que associa cada número real  $t$  a um único vetor da forma:

$$F(t) = (f_1(t), f_2(t), \dots, f_n(t)) \quad (1)$$

Onde cada função  $f_i(t)$  é uma função real definida ao intervalo, denominada função componente. O vetor  $F(t) = (f_1(t), f_2(t), \dots, f_n(t))$  também é denominado vetor posição.

Para uma função vetorial em  $\mathbb{R}^2$ , é comum escrever:

$$F(t) = (x(t), y(t)) \quad (2)$$

E para uma função vetorial em  $\mathbb{R}^3$ :

$$F(t) = (x(t), y(t), z(t)) \quad (3)$$

## 2.3 Campo Vetorial

Diariamente, temos contato com campos vetoriais, muitas vezes de forma inconsciente e a maioria de nós não sabe disso. Por exemplo:

Quando você abre uma torneira para lavar as mãos, cada molécula de água que está dentro daquela tubulação possui certa velocidade, caminha em certa direção e segue certo sentido; se o fluxo de água nessa torneira se mantiver constante, estaremos diante de um campo vetorial cujos vetores estarão associados à velocidade do líquido naquela tubulação.

Da mesma forma, um fio elétrico possui carga elétrica que o percorre em toda a extensão com certa velocidade elevada e possui certo sentido e fluxo constante, conforme exemplificado na Figura 4, pode ser associado a um campo vetorial semelhante ao da tubulação de água. Uma panela quente que perde calor para o meio externo pode também ser associada a um campo vetorial: se considerarmos a forma que o calor flui (de fora para dentro; do ambiente mais quente para o ambiente mais frio), como mostra a Figura 5, teremos um campo vetorial bem definido.

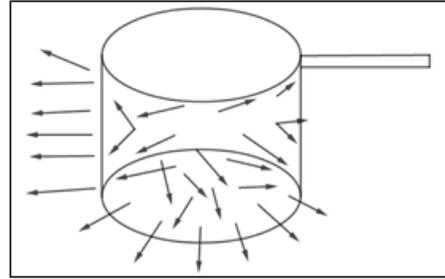
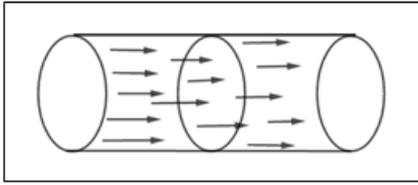


Figura 4 - Secção de um fio      Figura 5 - Fluxo de calor em uma panela

Fonte: Acervo dos autores

Uma definição matemática de campos vetoriais é:

Um campo de vetores em  $A \subset \mathbb{R}^n$  é uma função com valores vetoriais tais que  $F: A \subset \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$ .

Assim, em relação ao referencial do  $\mathbb{R}^2$  (i, j) ou o referencial do  $\mathbb{R}^3$  (i, j, k) a função que define o campo terá por expressão:

$$F(x,y) = [P(x,y), Q(x,y)] \tag{1}$$

$$\text{ou ainda, } F(x,y) = [P(x,y)i, Q(x,y)j] \text{ (no caso do } \mathbb{R}^2) \tag{2}$$

$$\text{ou } F(x,y,z) = [P(x,y,z), Q(x,y,z), R(x,y,z)] \tag{3}$$

$$\text{ou ainda, } F(x,y,z) = [P(x,y,z)i, Q(x,y,z)j, R(x,y,z)k] \text{ (no caso do } \mathbb{R}^3) \tag{4}$$

Assim, um campo vetorial fica determinado pelas funções P, Q ou R definidas no domínio 'A' a valores reais. Essas funções são chamadas de funções componentes do campo vetorial.

Dizemos ainda que um campo vetorial é contínuo e de classe  $C^k$  (uma função é de classe  $C^k$  se suas derivadas até a ordem k são contínuas) se suas funções componentes P, Q (para o  $\mathbb{R}^2$ ) ou P, Q, R (para o  $\mathbb{R}^3$ ) também forem de classe  $C^k$ . A partir de um campo dado, podem-se obter novos campos que fornecem informações sobre o campo original, sendo os exemplos mais conhecidos: o campo gradiente, o campo divergente e o campo rotacional.

## 2.4 Campo Vetorial Gradiente

Um campo vetorial Gradiente é aquele campo que está definido em um subconjunto aberto A do  $\mathbb{R}^2$  (ou do  $\mathbb{R}^3$ ) de tal forma que, para cada ponto P de um certo campo vetorial T definido em  $\mathbb{R}^2$  (ou  $\mathbb{R}^3$ ) ele associa o vetor  $(dT/dX, dT/dY)$  – no caso de T ser do  $\mathbb{R}^2$ ;

ou  $(dT/dX, dT/dY, dT/dZ)$ – no caso de  $T$  ser do  $\mathbb{R}^2$ . O gradiente de um campo vetorial é denominado por:

$$\text{grad}T = \left(\frac{\partial T}{\partial x}, \frac{\partial T}{\partial y}\right) \text{ ou } \frac{\partial T}{\partial x}(x, y)i + \frac{\partial T}{\partial y}(x, y)j \text{ (para o } \mathbb{R}^2\text{)} \quad (1)$$

$$\text{grad}T = \left(\frac{\partial T}{\partial x}, \frac{\partial T}{\partial y}, \frac{\partial T}{\partial z}\right) \text{ ou } \frac{\partial T}{\partial x}(x, y, z)i + \frac{\partial T}{\partial y}(x, y, z)j + \frac{\partial T}{\partial z}(x, y, z)k \text{ (para o } \mathbb{R}^3\text{)} \quad (2)$$

Outra notação usada para o gradiente é a representada abaixo:

$$\nabla(T) = \left(\frac{\partial T}{\partial x}, \frac{\partial T}{\partial y}\right) \text{ ou } \frac{\partial T}{\partial x}(x, y)i + \frac{\partial T}{\partial y}(x, y)j \text{ (para o } \mathbb{R}^2\text{)} \quad (3)$$

$$\nabla(T) = \left(\frac{\partial T}{\partial x}, \frac{\partial T}{\partial y}, \frac{\partial T}{\partial z}\right) \text{ ou } \frac{\partial T}{\partial x}(x, y, z)i + \frac{\partial T}{\partial y}(x, y, z)j + \frac{\partial T}{\partial z}(x, y, z)k \text{ (para o } \mathbb{R}^3\text{)} \quad (4)$$

$\nabla$  : lê-se nabla ou del

Uma justificativa física do gradiente é para calcular a taxa de variação de um fluxo qualquer de um ponto  $P$  de um campo definido em um domínio  $A$  por uma função  $T$  na direção de um vetor  $v$ . Se a função  $T$  que forma o campo é diferenciável, então ela admite derivadas parciais em  $P$ , então a derivada direcional de  $T$ , relativa a  $P$  é:

$$\frac{\partial T}{\partial v} = \left(\frac{\partial T}{\partial x}, \frac{\partial T}{\partial y}, \frac{\partial T}{\partial z}\right) \cdot (a, b, c) = \left(\frac{\partial T}{\partial x}, \frac{\partial T}{\partial y}, \frac{\partial T}{\partial z}\right) \cdot v \quad (5)$$

O que motivou a definição de gradiente dada acima.

## 2.5 Propriedades

Sejam funções escalares tais que existam **grad** $f$  e **grad** $g$  e seja  $c$  uma constante, então:

- $\text{grad}(cf) = c\text{grad}f$ ;
- $\text{grad}(f + g) = \text{grad}f + \text{grad}g$ ;
- $\text{div}(fg) = f\text{grad}g + g\text{grad}f$ ;
- $\text{grad}(f + g) = \text{grad}f + \text{grad}g$ ;
- $\text{grad}\left(\frac{f}{g}\right) = \frac{f\text{grad}g - g\text{grad}f}{g^2}$ .

## 2.6 Interpretação geométrica do gradiente e direção máxima

Consideremos uma função escalar  $f(x, y, z)$  e suponhamos, que para cada constante  $k$ , em um intervalo  $I$ , a equação  $f(x, y, z) = k$  representa uma superfície no espaço. Fazendo

$k$  tomar todos os valores, obtemos uma família de superfícies, que são as superfícies de nível da função  $f$ .

#### Proposição

Seja  $f$  uma função escalar tal que, por um ponto  $P$  do espaço, passa uma superfície de nível de  $S$  de  $f$ . Se  $\text{grad} f \neq 0$  em  $P$ , então  $f$  é normal a  $S$  em  $P$ .

Seja  $f(x, y, z)$  uma função escalar que possui derivadas parciais de 1ª ordem contínuas. Então, em cada ponto  $P$  para o qual  $\nabla f \neq 0$ , o vetor  $\nabla f$  aponta na direção em que  $f$  cresce mais rapidamente. O comprimento do vetor  $\nabla f$  é a taxa máxima de variação de crescimento de  $f$ .

### 3 I CONSTRUÇÃO DE GRÁFICOS COM A TILIZAÇÃO DO GEOGEBRA

Para representar uma função vetorial no Geogebra, basta digitar no campo de entrada a função desejada. Por exemplo, digitando  $F(t)=(t,2t)$ , aparecerá a função na seguinte forma:

$$F:X = (t,2t) \quad (1)$$

$$\rightarrow X = (0,0) + t(1,2) \quad (2)$$

E o seu respectivo gráfico na janela de visualização abaixo demonstrada na Figura 6

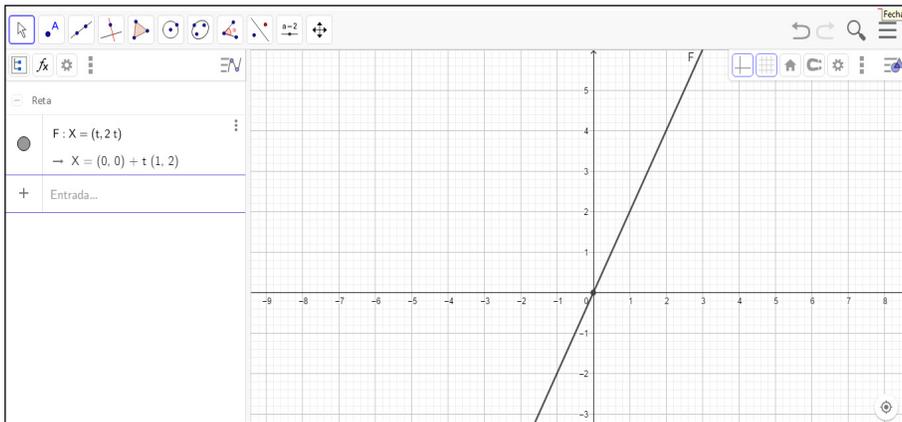


Figura 6: Gráfico de  $F(t) = (t,2t)$  no Geogebra

Fonte: Acervo dos autores

### 3.1 Exemplos com a utilização do Geogebra

**Exemplo 1:** Construir, utilizando o Geogebra, o gráfico da função abaixo

$$F(t) = (\cos(t), \sin(t)), \text{ onde } t \in [0, 2\pi] \quad (3)$$

- Passo 1: digitar no campo de entrada  $t=1$  para criar o controle deslizante, depois indicar o intervalo que o mesmo será utilizado (de 0 até  $6.28$ );
  - passo 2: digitar  $(0,0)$  para criar o ponto de origem do vetor;
  - passo 3: digitar  $(\cos(t), \sin(t))$  para representar a extremidade do vetor;
  - passo 4: clicar no ícone “vetor” e criar o vetor a partir da origem  $A=(0,0)$  e da extremidade  $B=(\cos(t), \sin(t))$ ;
  - passo 5: clicar no ícone “configurações” e: no ponto  $A=(0,0)$  – desmarcar a opção “exibir objeto”; no ponto  $B=(\cos(t), \sin(t))$  – desmarcar a opção “exibir rótulo”, depois marcar a opção “exibir rastro”; alterar a cor do vetor e do ponto  $B=(\cos(t), \sin(t))$  (opcional);
  - passo 6: clicar no ícone “play” na área referente ao “controle deslizante”.
- Os passos 1 a 5 são representados na Figura 7 e o passo 6 na Figura 8.

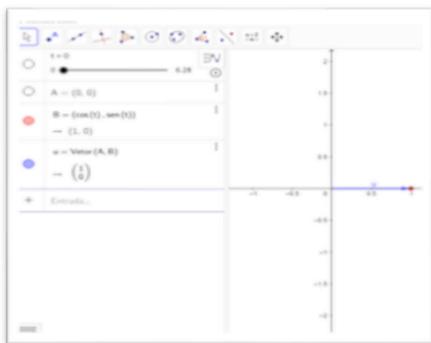


Figura 7: Passos de 1 a 5.

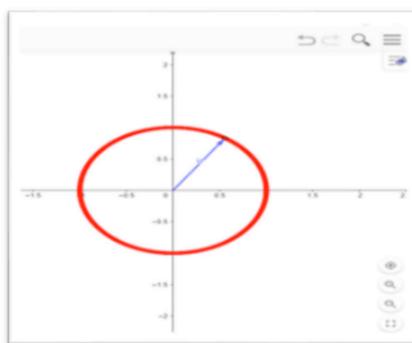


Figura 8: Passo 6 do exemplo 1

Fonte: Acervo dos autores

**Exemplo 2:** Construir, utilizando o Geogebra, o gráfico da função abaixo

$$F(t) = (\cos(t), 2\sin(t)), \text{ onde } t \in [0, 2\pi] \quad (4)$$

- Passo 1: digitar no campo de entrada  $t=1$  para criar o controle deslizante, depois indicar o intervalo que o mesmo será utilizado (de 0 até  $6.28$ );
- passo 2: digitar  $(0,0)$  para criar o ponto de origem do vetor;
- passo 3: digitar  $(\cos(t), 2\sin(t))$  para representar a extremidade do vetor;

d) passo 4: clicar no ícone “vetor” e criar o vetor a partir da origem  $A=(0,0)$  e da extremidade  $B=(\cos(t), 2\text{sen}(t))$ ;

e) passo 5: clicar no ícone “configurações” e: no ponto  $A=(0,0)$  – desmarcar a opção “exibir objeto”; no ponto  $B=(\cos(t), 2\text{sen}(t))$  – desmarcar a opção “exibir rótulo”, depois marcar a opção “exibir rastro”; alterar a cor do vetor e do ponto  $B=(\cos(t), 2\text{sen}(t))$  (opcional);

f) passo 6: clicar no ícone “play” na área referente ao “controle deslizante”.

Com os passos descritos podemos visualizar o gráfico nas Figuras 9 e 10.

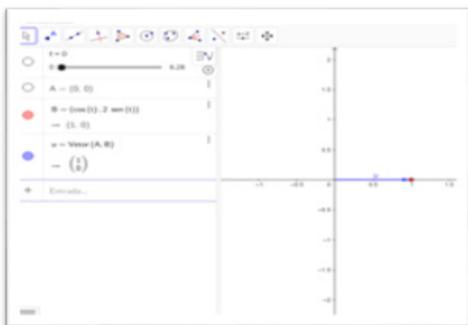


Figura 9: Passos de 1 a 5. Exemplo 2

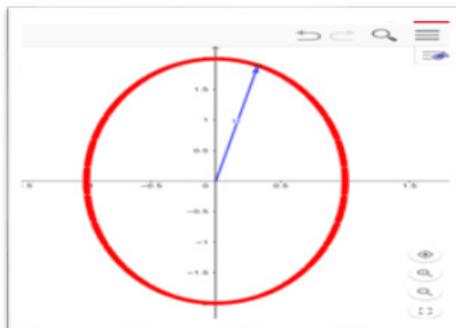


Figura 10: Passo 6 do exemplo 2

Fonte: Acervo dos autores

**Exemplo 3:** Construir, utilizando o Geogebra, o gráfico da função abaixo

$$F(t) = (\cos t, \text{sen} t, 2), \text{ onde } t \in [0, 2\pi] \quad (5)$$

a) Passo 1: no Menu “Exibir”, desmarcar o ícone “janela de visualização” e marcar o ícone “janela de visualização 3D”;

b) passo 2: digitar no campo de entrada  $t=1$  para criar o controle deslizante, depois indicar o intervalo que o mesmo será utilizado (de 0 até 6.28);

c) passo 3: digitar  $(0,0,0)$  para criar o ponto de origem do vetor;

d) passo 4: digitar  $(\cos(t), \text{sen}(t), 2)$  para representar a extremidade do vetor;

e) passo 5: clicar no ícone “vetor” e criar o vetor a partir da origem  $A=(0,0)$  e da extremidade  $B = (\cos(t), \text{sen}(t), 2)$ ;

f) passo 6: clicar no ícone “configurações” e: no ponto  $A=(0,0)$  – desmarcar a opção “exibir objeto”; no ponto  $B=(\cos(t), \text{sen}(t), 2)$  – desmarcar a opção “exibir rótulo”, depois marcar a opção “exibir rastro”; alterar a cor do vetor e do ponto  $B=(\cos(t), \text{sen}(t), 2)$  (opcional). A imagem 42 demonstra esses passos, descritos anteriormente, no software geogebra;

g) Passo 7: clicar no ícone “play” na área referente ao “controle deslizante”. Na imagem seguinte podemos visualizar o comportamento da função e dos passos anteriores no Geogebra. A visualização está na Figura 7.

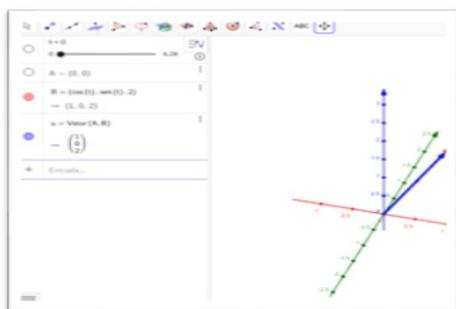


Figura 11: Passos de 1 a 6. Exemplo 3

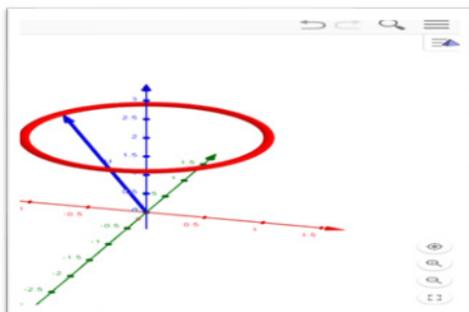


Figura 12: Passo 7 do exemplo 3

Fonte: Acervo dos autores

**Exemplo 4:** Construir, utilizando o Geogebra, o gráfico da função abaixo

$$F(t) = (\cos t, \sin t, t), \text{ onde } t \in [0, 2\pi]. \text{ (hélice circular reta)} \quad (6)$$

a) Passo 1: no Menu “Exibir”, desmarcar o ícone “janela de visualização” e marcar o ícone “janela de visualização 3D”;

b) passo 2: digitar no campo de entrada  $t=1$  para criar o controle deslizante, depois indicar o intervalo que o mesmo será utilizado (de 0 até 15);

c) passo 3: digitar  $(0,0,0)$  para criar o ponto de origem do vetor;

d) passo 4: digitar  $(\cos(t), \sin(t), t)$  para representar a extremidade do vetor;

e) passo 5: clicar no ícone “vetor” e criar o vetor a partir da origem  $A=(0,0)$  e da extremidade  $B = (\cos(t), \sin(t), t)$ ;

f) passo 6: clicar no ícone “configurações” e: no ponto  $A=(0,0)$  – desmarcar a opção “exibir objeto”; no ponto  $B=(\cos(t), \sin(t), t)$  – desmarcar a opção “exibir rótulo”, depois marcar a opção “exibir rastro”; alterar a cor do vetor e do ponto  $B=(\cos(t), \sin(t), t)$  (opcional). Todos os passos anteriores podem ser visualizados na imagem a seguir;

g) Passo 7: clicar no ícone “play” na área referente ao “controle deslizante”. Esta ação é demonstrada na Figura 14:

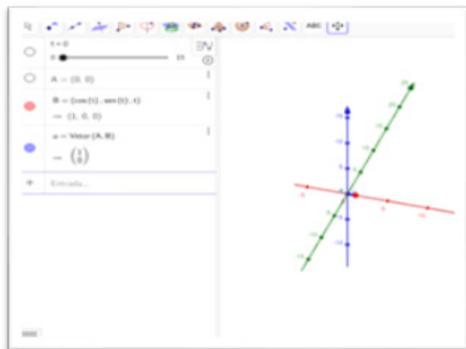


Figura 13 - Passo 1 a 6, do exemplo 4

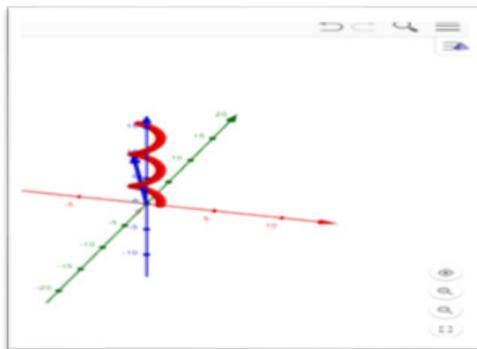


Figura 14 - Passo 7, do exemplo 6

Fonte: Acervo dos autores

**Exemplo 5:** este exemplo ilustrará os conteúdos relacionados a derivadas direcionais e gradiente. Calcular e representar graficamente o gradiente da função:

$$f(x, y) = \sqrt{4 - 3x - xy^2} \quad (7)$$

a) Passo 1: digitar na barra de comandos a função  $f(x,y)=\sqrt{4-3x-xy^2}$ , conforme ilustrado na Figura 15:

b) passo 2: digitar na barra de comando  $(-1,3,4)$  para inserir o ponto A pertencente ao gráfico, conforme a Figura 16;

c) passo 3: Clicar no ícone  e depois no ícone  para inserir a janela CAS (cálculo simbólico), de acordo com o demonstrado na Figura 17;

d) passo 4: Digitar na janela CAS o comando Derivada  $[f(x,y),x]$ , para calcular a derivada parcial de  $f(x)$  em relação a  $x$ , como mostra a Figura 18;

e) passo 5: Digitar na janela CAS o comando Derivada  $[f(x,y),y]$ , para calcular a derivada parcial de  $f(x)$  em relação a  $y$ , exemplificado na Figura 19;

f) passo 6: Substituir os valores dos pontos a e b nas derivadas parciais, utilizando os comandos  $a(-1,3)$  e depois  $b(-1,3)$ , ilustrado na Figura 20;

g) Passo 7: Digitar o comando  $w=(-3/2,3/4,0)$  para representar o vetor gradiente. Este passo é demonstrado na figura 21 a seguir;

h) Passo 8: Digitar na barra de comandos  $w=(-3/2,3/4,0)$ , para representar o vetor gradiente no gráfico, visualizado na Figura 22;

Pode-se representar a direção máxima do ponto na função. Para isso é necessário construir um plano perpendicular ao eixo X que contenha o vetor gradiente, e em seguida construir um segundo plano paralelo ao primeiro e que contenha o ponto. Isto se observará nos próximos passos:

i) Passo 9: construir os pontos  $(0,0,0)$ ,  $(1,1,1)$  e  $(-3/2,3/4,0)$ ; em seguida selecionar o ícone “plano por três pontos” e criar o plano utilizando os três pontos criados. Podemos visualizar esta etapa na Figura 23;

j) Passo 10: selecionar o ícone “plano paralelo” e clicar no plano criado anteriormente e em seguida no ponto  $A=(-1,3,4)$ , para criar o plano onde será possível representar a direção máxima do ponto, conforme o exposto na Figura 24..

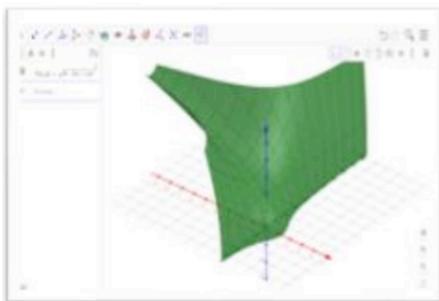


Figura 15 - Exemplo 5, passo 1

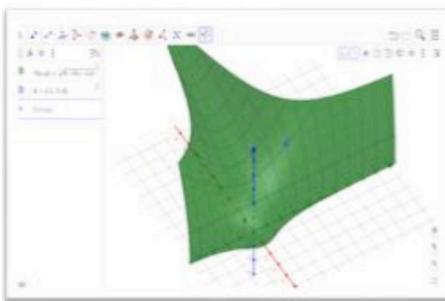


Figura 16 - Exemplo 5, passo 2

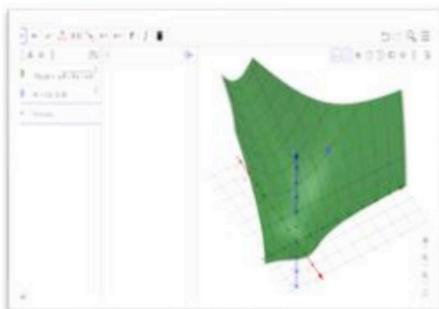


Figura 17 - Exemplo 5, passo 3

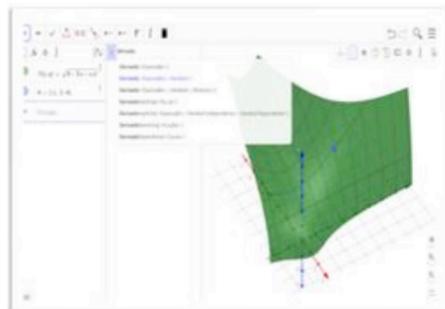


Figura 18 - Exemplo 5, passo 4

Fonte: Acervo dos autores

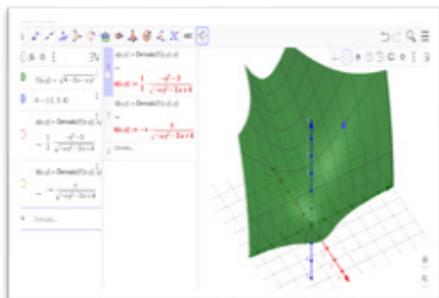


Figura 19 - Exemplo 5, passo 5

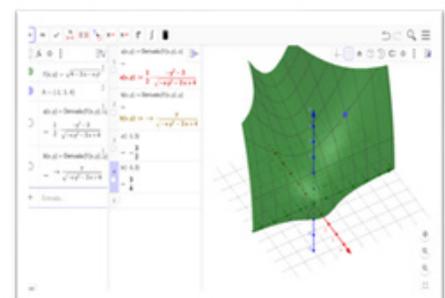


Figura 20 - Exemplo 5, passo 6

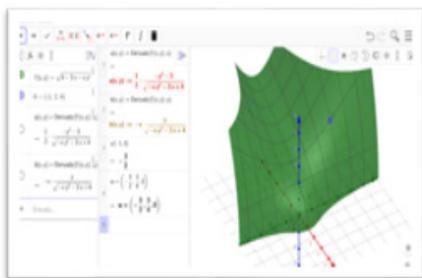


Figura 21 - Exemplo 5, passo 7

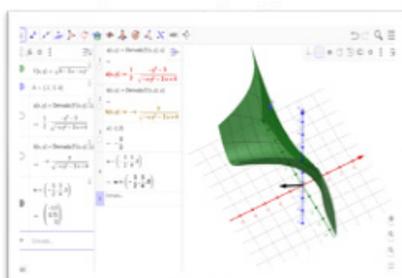


Figura 22 - Exemplo 5, passo 8

Fonte: Acervo dos autores

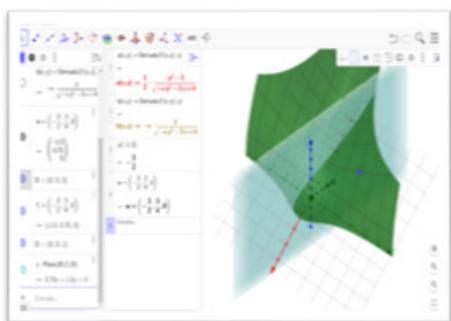


Figura 23 - Exemplo 5, passo 9

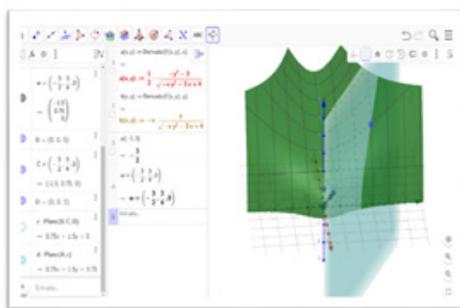


Figura 24 - Exemplo 5, passo 10

## 4 | CONCLUSÃO

Este trabalho pode ser utilizado como material de apoio para professores e alunos no processo educacional, pois além de servir de guia para a utilização do software Geogebra, apresenta algumas definições e conceitos básicos de funções vetoriais, mostrando o passo a passo de possíveis atividades a serem realizadas com o software em questão.

A proposta desse trabalho consiste em utilizar grande parte das ferramentas do Geogebra para construção de funções vetoriais e gráficos, ao fazer uma visão geral das ferramentas, considerou-se quais foram preciso para desenvolver atividades com o software.

Acreditou-se que com a utilização do Geogebra, o ensino das funções vetoriais se tornou mais atrativo, pois na medida em que o professor faz uso de tal ferramenta possibilita fazer demonstrações que com o uso do quadro seria mais difícil. O uso do software permite aos discentes realizarem construções, manipulação, visualização de diversas formas e ângulos, facilitando desta forma, a compreensão dos conceitos em relação aos elementos da aprendizagem envolvidos.

O Geogebra, desta maneira, nos mostrará a possibilidade de aprender a utilizar o software e ensinar matemática de forma dinâmica, para poder tornar a aula instigante e atrativa, na qual o aluno participa, interage com seus colegas, e através de suas construções vai formulando o seu próprio conhecimento. Tudo isso vem a contribuir para o aumento das habilidades e potencialidades dos educandos, que nada mais é, do que nosso objetivo como futuros docentes.

Este trabalho representa apenas um passo no processo contínuo de crescimento como pessoa, professor e educador. As tecnologias de informações não mudam necessariamente a relação pedagógica, elas não substituem o professor, mas modificam algumas das suas funções. Professores e alunos ficam mais próximos uns dos outros, o que pode contribuir para um maior dinamismo no processo ensino-aprendizagem. Esta situação só ocorrerá se o professor estiver atualizado, se conhecer as novas tecnologias, se as souber aplicar em contexto educativo.

Assim sendo, trabalhar com a inserção dos recursos tecnológicos no âmbito educacional, de forma geral, percebeu-se a importância na contribuição de uma boa aprendizagem, pois muitas são as contribuições que os mesmos podem proporcionar ao processo de ensino e aprendizagem, tornando-se possível ampliar as oportunidades de aprendizagem, além de contribuir na estruturação de um raciocínio diferenciado em termos de eficiência, rapidez e precisão.

## REFERÊNCIAS

BORBA, M. de C. e PENTEADO, M. G. **Informática e Educação Matemática**. 3ªed. Belo Horizonte: Autêntica, 2003, p. 45.

BRASIL. **Conselho Nacional de Educação. Diretrizes curriculares nacionais para os cursos de matemática, bacharelado e licenciatura**. Brasília: CNE/CES, 2001.

BRASIL. **Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília: MEC/SEF, 1997.

FERREIRA, Roberto Claudino. **Ensinando Matemática com o Geogebra**. 10. ed. Goiânia: Centro Científico Conhecer, 2010. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010b/ensinando.pdf>>. Acesso em: 16 de outubro de 2018.

FLEMMING, Dra. Diva Maria e GONÇALVES, Dra. Mirian Buss. **Cálculo B: funções de várias variáveis, integrais duplas e triplas**. São Paulo: MAKRON books, 1999.

GEOGEBRA. *GeoGebra*. 2017. Disponível em: <<https://www.geogebra.org>>. Acesso em: 28/06/2017.

GLADSCHEFF A. P.; ZUFFI, E.M.; SILVA, M. **Um Instrumento para Avaliação da Qualidade de Softwares Educacionais de Matemática para o Ensino Fundamental**. Anais do XXI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Fortaleza, 2001.

GONÇALVES, Mirian Buss. **Cálculo B: Funções de várias variáveis, integrais múltiplas, integrais curvilíneas e de superfície**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice hall, 2007.

HELLMEISTER, Ana Catarina P., BOUCHARA, Jacques C., CARRARA, Vera e SALVITTI, Reinaldo. et al. **Cálculo Integral Avançado**. 2ª ed. Ver., 1 reimpressão – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

HOHENWARTER, Markus. **Manual: Ajuda Geogebra**. 2009. Disponível em: <<https://app.geogebra.org/help/docuPT.pdf>>. Acesso em: 10/07/2017.

HOHENWATER, Markus. **Guia Rápida de Referência sobre GeoGebra**. Disponível em:<[http://www.essl.edu.pt/Dep/Mat/ano%2011/geometria/manual\\_geogebra.pdf](http://www.essl.edu.pt/Dep/Mat/ano%2011/geometria/manual_geogebra.pdf)>. Acesso em: 06/11/2017.

IMAFUKU, Roberto Seidi. **Funções vetoriais nos espaços bi e tridimensionais: uma intervenção com o software GeoGebra**. Disponível em: <[www.lematec.net.br/CDS/XVIIIIEBRAPEM/PDFs/GD4/imafuku4.pdf](http://www.lematec.net.br/CDS/XVIIIIEBRAPEM/PDFs/GD4/imafuku4.pdf)>. Acesso em: 22/12/2017.

MIRANDA, Daniele de. O computador na educação matemática – Brasil Escola. Disponível em: <<http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/o-computador-na-educacao-matematica.htm>>. Acesso em: 17/10/2017.

O uso dos computadores na aprendizagem e no ensino da matemática. Disponível em: <[https://www.mat.uc.pt/~jaimecs/nonius/nonius11\\_2.html](https://www.mat.uc.pt/~jaimecs/nonius/nonius11_2.html)>. Acesso em: 22/11/2017.

SANTOS, Max Araújo dos. **NTICs: Uma Nova Aliada na Educação Matemática**. Disponível em: <[matematicafecea.blogspot.com/2012/08/artigo-novas-tecnologias-e-matematica.html](http://matematicafecea.blogspot.com/2012/08/artigo-novas-tecnologias-e-matematica.html)>. Acesso em: 11/01/2018.

SPIEGEL, Murray R. **Análise Vetorial: com Introdução a Análise Tensorial**. Coleção Schaum. 1. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1966.

VILCHES, Maurício A. e CORRÊA, Maria L. **Cálculo volume II**. IME-UERJ.

VILCHES, Maurício A. e CORRÊA, Maria L. **Cálculo volume III. Campos vetoriais**. Disponível em: <<https://docs.ufpr.br/~jcvb/online/UERJ-calculovolume3.pdf>>. Acesso em: 19/09/2018.

## TERMOS/SINAIS DA TABELA PERIÓDICA: POSSIBILIDADE DE ACESSO E APRENDIZAGEM DOS ALUNOS SURDOS

*Data de aceite: 04/01/2021*

*Data de submissão: 16/11/2020*

### **Vanessa Argolo Oliveira**

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia -  
Centro de Formação de Professores  
Amargosa – BA  
<http://lattes.cnpq.br/3509389015492336>

### **Jorge Fernando Silva de Menezes**

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia -  
Centro de Formação de Professores  
Amargosa – BA  
<http://lattes.cnpq.br/7799441763950977>

**RESUMO:** Traduzir os símbolos em palavras e, particularmente, em sinais não é uma atividade muito fácil, mas esta pesquisa tenta expressar um pouco dos anseios de contribuir por uma prática de ensino de química mais inclusiva. Desta forma, esse trabalho surgiu a partir da carência de sinais específicos em Libras na área de química e pela dificuldade de acesso a materiais de ensino nesta área que auxiliem na aprendizagem dos alunos surdos (neste caso, sobre a tabela periódica), visto que na área da química existem muitos termos técnicos e específicos de um modo geral. Foi escolhido o tema tabela periódica por ser um tema de fundamental importância e é ensinado tanto no nono ano do Ensino Fundamental, no primeiro ano do Ensino Médio e em outros momentos. E, foi escolhido o sinalário ilustrado de termos da tabela periódica por ser um recurso com aspecto visual, visto que o aspecto visual

facilita o aprendizado do surdo. Assim, tem-se como objetivo geral analisar se a intérprete do aluno surdo do 1º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Pedro Calmon em Amargosa-Bahia utiliza algum sinalário em Libras ou sinais dos termos específicos para acessibilizar o aprendizado do tema Tabela Periódica, assim como identificar esses sinais e em quais fontes esses sinais foram encontrados e se estão sendo utilizados corretamente. O sinalário foi organizado a partir do mapeamento, em sites e livros, dos termos/sinais dos termos relativos ao aprendizado do tema tabela periódica. É perceptível a crescente quantidade de sinais relacionados à química ao longo dos anos, mas ainda assim, existe a escassez de sinais específicos nessa área.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sinalário, Libras, Inclusão, Química, Tabela Periódica.

### PERIODIC TABLE TERMS / SIGNS: POSSIBILITY OF ACCESS AND LEARNING OF DEAF STUDENTS

**ABSTRACT:** Translating symbols into words and, particularly, into signals is not a very easy activity, but this research tries to express a little of the yearnings to contribute for a more inclusive teaching practice in chemistry. Thus, this work arose from the lack of specific signals in Libras in the area of chemistry and the difficulty of access to teaching materials in this area that assist in the learning of deaf students (in this case, about the periodic table), since in the field of chemistry there are many technical and specific terms in general. The periodic table theme was chosen because it

is a matter of fundamental importance and is taught both in the ninth year of elementary school, in the first year of high school and at other times. And, the illustrated sinalary of terms from the periodic table was chosen because it is a resource with a visual aspect, since the visual aspect facilitates the learning of the deaf. Thus, the general objective is to analyze whether the interpreter of the deaf student in the 1st year of high school at Colégio Estadual Pedro Calmon in Amargosa-Bahia uses any sinalary in Libras or signals of the specific terms to make learning the theme Periodic Table accessible, as well as to identify these signals and in what sources these signals were found and if they are being used correctly. The sinalary was organized from the mapping, on websites and books, of the terms/signals of the terms related to the learning of the theme periodic table. It is noticeable the growing increasing number of signals related to chemistry over the years, but still, there is a shortage of specific signals in this area.

**KEYWORDS:** Sinalary, Pounds, Inclusion, Chemistry, Periodic table.

## 1 | INTRODUÇÃO

A tabela periódica dos elementos de acordo com Peruzzo e Canto (2003, p. 87) é “um dos instrumentos de consulta mais utilizados pelos químicos (e pelos estudantes de Química) em todo o mundo” e surgiu a partir da necessidade de classificar os elementos químicos (FELTRE, 2001). Para esse autor, com a tabela periódica é possível consultar algumas propriedades físicas e químicas dos elementos químicos.

De forma a esclarecer uma das definições de pessoa surda, fisiologicamente, “considera-se pessoa surda aquela que, por ter perda auditiva, compreende e interage com o mundo por meio de experiências visuais, manifestando sua cultura principalmente pelo uso da Língua Brasileira de Sinais - Libras” (BRASIL, 2005, s.p.). Já Silva (2010, p. 43) mostra o conceito do surdo num ponto de vista “como um “sujeito/pessoa”, [sendo] alguém que traz em sua experiência vivida características relacionais da categoria pessoa, referentes ao grupo de surdos constituído na escola, juntamente com as possibilidades de sujeito, agente da história”.

No que tange a educação dos surdos, ainda existem alguns aspectos para se desenvolverem, tais como “dificuldades acarretadas pelas questões de linguagem, [na qual] observa-se que as crianças surdas encontram-se defasadas no que diz respeito à escolarização, sem o adequado desenvolvimento e com um conhecimento aquém do esperado para sua idade” (LACERDA, 2006, p. 165). Frente a isso, é necessário o professor conhecer as especificidades desses alunos surdos de forma a compreendê-los melhor e a partir daí pensar em metodologias mais adequadas para estes sujeitos desenvolverem suas capacidades tendo uma aprendizagem mais significativa, por exemplo, a utilização de aspectos visuais (LACERDA, 2006; ALVES e colaboradores, 2011).

Durante as aulas é importante a presença do tradutor e intérprete de LIBRAS, que é um profissional capacitado que escuta o que o professor fala e interpreta e traduz

simultaneamente para Libras aos alunos surdos presentes. Mas, o desempenho do intérprete de Libras durante as aulas também pode influenciar no entendimento do assunto pelo aluno surdo, pois caso não utilize o sinal específico correspondente à palavra com o significado correto, pode acarretar no aprendizado incorreto ou mesmo confundir o aluno surdo. Caso este aluno desconheça tais sinais específicos e/ou parte da própria Libras, ocorrerão implicações negativas em seu aprendizado.

Foi escolhido o sinalário ilustrado por ser um recurso com aspecto visual. De acordo com Stumpf (2005 apud SPERB e LAGUNA, 2010, p. 1), “sinalário é o conjunto de expressões que compõe o léxico de uma determinada língua de sinais”, no caso deste trabalho, sinalário de LIBRAS. O sinalário ilustrado é apresentado da mesma forma que um dicionário ilustrado de Libras, possui a imagem representando a forma de fazer o sinal e a palavra relativa ao sinal podendo ter também sua datilologia, significado, o processo gestual-visual de apresentação do sinal, sinal igual e *SignWriting*. E o tema ‘Tabela Periódica’ foi escolhido por ser um assunto de suma importância na química, além de ser discutido no 9º ano do Ensino Fundamental, no 1º ano do Ensino Médio, Escola Técnica, Ensino Superior, cursinhos, dentre outros.

Ao definir a problemática, selecionamos apenas uma instituição como forma de analisar se a intérprete está interpretando corretamente os sinais sobre a tabela periódica. Assim, tem-se como objetivo geral analisar se a intérprete do aluno surdo do 1º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Pedro Calmon em Amargosa-Bahia utiliza de algum sinalário em Libras ou sinais dos termos específicos para acessibilizar o aprendizado do tema Tabela Periódica, assim como identificar esses sinais, quais fontes foram encontrados e se estão sendo utilizados corretamente.

E, como objetivos específicos têm-se: discutir brevemente a importância do tema Tabela Periódica na formação dos alunos e as especificidades do ensino desse tema aos alunos surdos; verificar se já há o uso de algum sinalário em Libras ou sinais dos termos específicos sobre o tema tabela periódica pela intérprete do aluno surdo no processo de ensino/aprendizagem no Colégio Estadual Pedro Calmon, em Amargosa-Bahia; e, por fim, identificar e mapear os sinais de Libras específicos utilizados para compreender a Tabela Periódica, presentes em sites e livros, organizando tais sinais em forma de sinalário ilustrado facilitando o acesso desses sinais.

## 2 | METODOLOGIA

Quanto à abordagem do problema essa é uma pesquisa do tipo qualitativa. Para escolha do público-alvo foi escolhido o Colégio Estadual Pedro Calmon por ter aluno surdo no 1º ano do Ensino Médio e intérprete de Libras.

A pesquisa foi dividida em dois momentos: O primeiro momento para autorização da realização da pesquisa com a diretora do colégio e preenchimento do termo de consentimento

livre e esclarecido da intérprete. O segundo momento foi para o preenchimento de um questionário contendo 6 perguntas subjetivas de forma a verificar se a intérprete já usa algum sinalário em Libras ou sinais dos termos específicos para acessibilizar o aprendizado do tema Tabela Periódica e, logo a seguir, o registro, através de gravação de vídeo, dos sinais relativos ao tema tabela periódica que a intérprete conhecia e lembrava naquele momento.

Foi feito um mapeamento/sondagem, em sites e livros, dos termos/sinais relativos ao aprendizado do tema tabela periódica para posterior organização destes no formato de um sinalário ilustrado. O registro desses termos/sinais encontrados nos livros pesquisados foi através de fotos.

A construção do sinalário em Libras ocorreu concomitante à aplicação dos questionários e foi organizado com imagens dos materiais impressos e digitais (com exceção dos vídeos) com permissão da editora, autor ou de domínio público. Esse sinalário ilustrado envolve termos/sinais específicos da química que permite uma melhora no aprendizado do aluno surdo sobre os elementos químicos, suas propriedades físicas e químicas e como interpretar a tabela periódica.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois de estabelecido o processo metodológico, foi analisado primeiramente o questionário aplicado à intérprete de Libras do aluno surdo do 1º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Pedro Calmon em Amargosa-Ba:

- Breve perfil pessoal e acadêmico relativo à **questão 1**: 24 anos, moro em Amargosa, formada em Letras/Libras, atuo no Colégio Estadual Pedro Calmon na função de intérprete de Libras.

- **Questão 2**: Utiliza algum sinalário em Libras ou sinais dos termos específicos para acessibilizar o aprendizado do tema Tabela Periódica ao aluno surdo? “Sim”. Contudo, encontro poucos vocábulos para esse tema”.

- **Questão 3**: Quais são esses sinais (colocar os nomes dos termos específicos)? “Elétrons, íons, ouro, prata, gases, ebulição, tabela periódica”.

- **Questão 4**: Em quais fontes esses sinais foram encontrados (Livro, site, aplicativo, dicionário ilustrado,...)? “Aplicativo e sinalário em PDF”.

- **Questão 5**: Você acha que um sinalário em Libras com os termos/sinais específicos relativos ao tema Tabela Periódica contribuiria para seu aperfeiçoamento como intérprete de Libras? “Sim”.

- **Questão 6**: Você acha que um sinalário em Libras com os termos/sinais específicos relativos ao tema Tabela Periódica contribuiria no processo de aprendizagem dos alunos surdos na disciplina de química? “Sim”.

Além da intérprete considerar que o sinalário ilustrado irá contribuir para seu

aperfeiçoamento, visto que sabe poucos sinais e dois estavam errados, também considera que irá auxiliar aos alunos surdos quando estiverem estudando sobre tabela periódica. Reis (2015, p. 7-8) ratifica essa importância da “utilização de recursos visuais” como “essencial para compreensão dos alunos surdos” trazendo a citação de Salles e colaboradores (2004, p. 16):

A imagem faz parte do processo de educação bilíngue para surdos. O recurso à imagem é fundamental para aprendizagem do surdo. É necessário que o surdo seja ensinado a ler imagens, a inferir sentidos de imagens, a produzir sentidos com imagens. A imagem para o surdo não é apenas ilustrativa, decorativa, não tem só a função de motivação. Não pode ter. É muito mais para além disso. É uma linguagem alternativa. Faz parte da cultura surda. A imagem tem uma função de motivação, de compreensão, de meta-memória, de memorização, de desenvolvimento cognitivo e linguístico. Não podemos utilizar a imagem da mesma forma e com mesmo objetivo com que é utilizado para aluno ouvinte.

Ao final do questionário, a intérprete foi gravada fazendo os sinais relativos à tabela periódica que conhece. Na tabela abaixo (Tabela 1) estão os sinais respondidos na questão 3 por ordem que os reproduziu na gravação.

Sinais	Certo ou errado
Tabela	Certo
Elétrons	Errado
Íons	Parcialmente certo
Ebulição	Certo
Ouro	Certo
Gases	Errado
Prata	Não lembrou

Tabela 1 - Sinais relativos à questão 3 respondidos pela intérprete de Libras.

Fonte: Própria autora.

Percebe-se que fez apenas os sinais de: tabela (sem ser a periódica), elétrons, íons, ouro, gases e ebulição. O sinal de tabela foi feito corretamente, porém não é o de tabela periódica. Dentre esses sinais da resposta, ebulição e ouro foram executados corretamente, íon foi feito quase corretamente, faltou tremular rapidamente a mão direita, elétrons e gases estavam errados e não se lembrou do sinal do elemento prata, o que confere uma importância do sinalário ilustrado também para a intérprete, auxiliando-a no seu aperfeiçoamento como intérprete de Libras, como foi respondido pela mesma na questão 5.

Nos materiais procurados em sites foram encontrados dicionários e glossário online, vídeos, dissertações e artigos:

- No **Dicionário Libras – Dicionário da Língua Brasileira de Sinais V3 - 2011** foram encontrados os termos: eletricidade, pó, areia, diamante, fogo, fumaça, química, aço, ferro, ouro, álcool e prata. Ao clicar em algum termo, aparece o assunto atrelado a palavra, a palavra, a configuração da mão, animação do sinal, a acepção, exemplo, classe gramatical, exemplo em libras e origem. Link de acesso: [http://www.acessibilidadebrasil.org.br/libras\\_3/](http://www.acessibilidadebrasil.org.br/libras_3/)

- No **Dicionário da Língua Brasileira de Sinais - Libras** (versão 2.0 – 2005) foram encontrados os termos: aço, água, aerossol, álcool, alumínio, ar, areia, bronze, cloro, ferro, ferrugem, fogo, fumaça, gás, gasolina, gasoso, gel, gelo, metais, mistura, ouro, oxigênio, pó, prata, vapor, veneno. Neste dicionário, ao clicar em algum termo, aparece a palavra, o assunto que tal palavra é relacionada, a acepção, classe gramatical, origem, exemplo em português e em libras e animação do sinal. Link de acesso: [http://www.ines.gov.br/dicionario-de-libras/main\\_site/libras.htm](http://www.ines.gov.br/dicionario-de-libras/main_site/libras.htm)

- No **Dicionário ProLibras** possui termos relacionados apenas à religião, logo, foi encontrado nenhum sinal de química ou relativo ao ensino da tabela periódica. Link de acesso: <http://www.surdosonline.com.br/>

- O **Glossário LIBRAS** possui pouquíssimos sinais em seu acervo e não foi encontrado nenhum sinal de química ou relativo ao ensino da tabela periódica. Link de acesso: <http://www.glossario.libras.ufsc.br/>

- No **Mini dicionário** organizado pelo SAT– Serviço de Ajudas Técnicas de Porto Alegre (2010) foram encontrados os termos: eletricidade, ferro, gasômetro, laboratório, leve, positivo, química, raio-x, vapor e veneno. A forma de apresentação dos sinais é por meio de fotos, e, além do sinal, aparece apenas a palavra relacionada a tal sinal. Link de acesso: [http://www.faders.rs.gov.br/uploads/Dicionario\\_Libras\\_CAS\\_FADERS1.pdf](http://www.faders.rs.gov.br/uploads/Dicionario_Libras_CAS_FADERS1.pdf)

- No **Ambiente Virtual de Aprendizagem Letras-Libras** foi encontrado nenhum sinal de química ou que seja relativo ao ensino da tabela periódica. Link de acesso: <http://www.libras.ufsc.br/hiperlab/avalibras/moodle/mod/glossary/view.php?id=1340>

- O **Dicionário de Libras Biologia** cujo grupo desenvolvedor é o Grupo EPEEM (Grupo de Estudos de Pequenas Empresas e Empreendedorismo) é encontrado no YouTube através do canal 'Grupo EPEEM'. A forma de apresentação dos sinais é por meio de vídeo e apresenta apenas a representação do sinal e a palavra relativa ao mesmo. Os termos encontrados foram: oxigênio, próton, nêutron, produção de calor, substância, energia eólica, energia hidrelétrica, energia nuclear, elétron, clorofluorcarbono, chuva ácida, agrotóxicos e átomo. Link de acesso: [https://www.youtube.com/channel/UCP\\_FCqS6iCIFaHbGaSZ9cKQ](https://www.youtube.com/channel/UCP_FCqS6iCIFaHbGaSZ9cKQ)

- O vídeo intitulado '**Sinalário de química**' foi um trabalho feito por Fagner Valadares para a disciplina de Libras que é encontrado no YouTube através do canal 'Fagner

Valadares'. A forma de apresentação dos sinais é por meio de vídeo e apresenta apenas a representação do sinal e a palavra relativa ao mesmo. Os termos encontrados foram: ácido, aço, água, alumínio, alvo, átomo, becker, congelar, elétron, gasolina, gasoso, íon negativo, íon positivo, laboratório, luz, metais, mistura, modificar, nêutron, nível, número, ar, próton, raio-x, sólido e tabela periódica. Link de acesso: <https://www.youtube.com/watch?v=OcwPQPMNABw>

- Os vídeos intitulados '**Sinalário de química**' cujo grupo desenvolvedor é o Instituto Phala – Centro de Desenvolvimento para Surdos são encontrados no YouTube através do canal 'institutophala'. A forma de apresentação dos sinais é por meio de vídeo e apresenta apenas a representação do sinal e a palavra relativa ao mesmo. Os termos encontrados foram: química, ácido, aço, água, alumínio, alvo, átomo, becker, condensação líquida, condensação gasosa, congelar, elétron, evaporação, fusão, gasolina, gasoso, hidrogênio, íon negativo, íon positivo, laboratório, líquido, luz, metais, mistura, modificar, nêutron, nível, número, oxigênio, ar, próton, raio-x, solidificação, sólido, sublimação e tabela periódica. Link de acesso: <https://www.youtube.com/user/institutophala>

- O vídeo intitulado '**Glossário de química**' foi feito por Fabiana Schmitt Corrêa com o foco nos intérpretes educacionais e é encontrado no YouTube através do canal 'Fabiana Schmitt Corrêa'. A forma de apresentação dos sinais é por meio de vídeo e apresenta apenas a representação do sinal e a palavra relativa ao mesmo. Os termos encontrados foram: hidrogênio, oxigênio, gasoso, evaporação, solidificação, sublimação, condensação líquida, condensação sólida, sólido, fusão, molécula, átomo, nêutrons, prótons, metais, ferro, alumínio, aço, fórmula, mistura, ácido, reação química, tabela periódica, íon positivo, íon negativo, becker e bureta. Link de acesso: <https://www.youtube.com/watch?v=duAbZrU8LNE>

- O vídeo intitulado '**Vocabulário de Química em Libras – IFF**' foi um trabalho feito por Danielle Gonçalves, Hygor Ribeiro e Tayane Almeida para a disciplina de Libras II que é encontrado no YouTube através do canal 'Hygor Ribeiro'. A forma de apresentação dos sinais é por meio de vídeo e apresenta apenas a representação do sinal e a palavra relativa ao mesmo. Os termos encontrados foram: sal, dissolver, prata, chama, borbulhar, vidro, impureza, padronizar, cilindro, ferro, bronze e pilhas. Link de acesso: <https://www.youtube.com/watch?v=1LiRuhSW74>

- Artigo intitulado **Terminologias Químicas em Libras: A Utilização de Sinais na Aprendizagem de Alunos Surdos** dos autores: Sinval Fernandes de Sousa e Hélder Eterno da Silveira publicado em 2011.

Possui a relação dos termos encontrados e categorizados do Dicionário Enciclopédico Ilustrado Trilíngue de Capovilla e Raphael (2001): materiais químicos ("Aço, açúcar, água, álcool, alumínio, diamante, ferro, borracha, fósforo, gasolina, ouro, detergente, prata, sabão, vidro, vinagre, vinho, cubo de gelo, gelo e imã"), processos químicos ("Absorver, filtrar, aumentar, banhar, condensar, congelar, modificar, aspirar, atear fogo,

derreter, fogo, misturar, modificar, gelar, gotejar e injetar”), instrumentos laboratoriais (“Bomba, microscópio, óculos e bomba de ar”) e outros termos (“Atração, esfera, material, odor, oval, pesado, pó, quente, veneno, calor, frio, inodoro, química, cor, aroma, doce, eletricidade, fétido, força, kilograma, litro e luz”). São apresentadas ilustrações de onze sinais encontrados no dicionário: aço, doce, água, alumínio, diamante, gasolina, condensar, derreter, misturar, modificar e termômetro. E ainda nesse artigo de Sousa e Silveira (2011, p. 42), na

seqüência, apresentamos alguns sinais criados e utilizados nas aulas de química acompanhadas. As fotos foram tiradas com a colaboração e autorização de um voluntário, maior de idade, da Associação de Surdos de Uberlândia. Ao lado das fotos, descrevemos literalmente o processo gestual-visual de apresentação dos sinais.

A forma de apresentação dos sinais é por meio de imagens e apresenta a representação do sinal, a palavra relativa ao mesmo e o processo gestual-visual de apresentação dos sinais. As fotos que foram tiradas representam os sinais de: átomo, ácido, elétron, próton, substância, íon, íon positivo (cátion), íon negativo (ânion), tabela periódica, termômetro ou temperatura e becker. Link de acesso: [http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc33\\_1/06-PE6709.pdf](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc33_1/06-PE6709.pdf)

- Artigo intitulado **O Ensino de Química para Estudantes Surdos: A Formação dos Sinais** dos autores: Élide Rafisa de Oliveira Rocha Leite e Bruno Silva Leite publicado em 2012.

Possui a relação dos termos encontrados e categorizados seguindo o modelo e mesmos sinais de Silveira e Marques (2010): materiais químicos,

aço, açúcar, água, álcool, alumínio, ar, bronze, cloro, combustível, espuma, ferro, gás, gelo, glicose, ouro, oxigênio, pilha, plástico, prata, sais de cálcio, sais de cozinha, sais de ferro, sais de flúor, sais de iodo, sais de magnésio, sais de potássio, sais de fósforo, vinagre (LEITE e LEITE, 2012, p. 5).

Além dos processos químicos (“aquecer, calor, congelar, derreter, desidratação, ebulição, efervescente, esfriar, fervura, filtração, frio, inflamar, misturar, padronizar, queimar, secar, transferir”), instrumentos laboratoriais (“espátula, funil, imã, pilha”) e outros termos (“átomo, ciências, doce, eletricidade, equilíbrio, ferrugem, fumaça, gasoso, modelo, negativo, positivo, química”) (LEITE e LEITE, 2012, p. 5). Não possui representação de qualquer um dos sinais, apenas relação escrita dos termos existentes. Link de acesso: <https://portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/7562/5801>

- Dissertação intitulada **O ensino de química em Língua Brasileira de Sinais** da autora: Joana Correia Saldanha de 2011.

Com a formação de um grupo de trabalho por alunos egressos do INES foram criados e compilados 20 sinais de termos usados na química que não constavam em dicionários de LIBRAS até então.

A forma de apresentação dos sinais é apenas por meio de fotos e apresenta apenas a representação do sinal e a palavra relativa do mesmo. Os sinais são dos seguintes termos: energia, líquido, gasoso, sólido, molécula de água, fenômeno químico, fenômeno físico, próton, elétron, nêutron, substância, substância simples, substância composta, mistura heterogênea, mistura homogênea, tabela periódica, átomo, eletrosfera, núcleo e molécula. Link de acesso: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/190706>

- Dissertação intitulada **O ensino de química para alunos surdos: desafios e práticas dos professores e intérpretes no processo de ensino e aprendizagem de conceitos químicos traduzidos para Libras** da autora: Esilene dos Santos Reis de 2015.

A forma de apresentação dos sinais é por meio de imagens e apresenta a representação, a palavra e alguma imagem relativa a este sinal. As imagens representadas no minidicionário possuem os sinais de: próton, elétron, nêutron, eletrosfera, elemento químico, distribuição eletrônica, massa, gás, tabela periódica, vapor, energia, produzir/formar/produto, oxigênio, nitrogênio, fusão, reação química, pilha, almofariz com pistilo, balão volumétrico, béquer, bureta, bureta com torneira, condensador com espiral, fenolftaleína, funil, laboratório de química, pipeta, pipeta volumétrica, pipetador tipo pera, proveta graduada, raio-x, vermelho de metila, aço, doce, água, alumínio, diamante, gasolina, condensar, derreter, misturar, modificar, termômetro, substância, substância simples, substância composta, substância heterogênea, substância homogênea, átomo, núcleo, ácido, íon e becker. Link de acesso: [http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/13228/3/2015\\_dis\\_esreis2.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/13228/3/2015_dis_esreis2.pdf)

Dentre os livros pesquisados, foram encontrados enciclopédia, livros e dicionários ilustrados:

- **Dicionário Ilustrado de Libras** da autora Flávia Brandão, 2011.

A forma de apresentação dos sinais é por meio de imagens e apresenta a representação do sinal, a palavra relativa a este sinal, exemplo de aplicação da palavra através de uma imagem e o processo gestual-visual de apresentação do sinal e sinal igual. Os sinais são: alumínio, enferrujar, ferro, gás, negativo, oposto, positivo, prateado, prata, precioso, teoria, vapor e vibrar.

- **Livro Ilustrado de Língua Brasileira de Sinais: Desvendando a comunicação usada pelas pessoas com surdez**, volume 2 das autoras: Márcia Honora e Mary Lopes Esteves Frizanco, 2010.

A forma de apresentação dos sinais é por meio de imagens e apresenta a representação do sinal, a palavra relativa a este sinal, exemplo de aplicação da palavra através de uma imagem e o processo gestual-visual de apresentação do sinal. A imagem representa apenas o sinal de veneno.

- **Livro Ilustrado de Língua Brasileira de Sinais: Desvendando a comunicação usada pelas pessoas com surdez**, volume 3 das autoras: Márcia Honora e Mary Lopes Esteves Frizanco, 2011.

A forma de apresentação dos sinais é por meio de imagens e apresenta a representação do sinal, a palavra relativa a este sinal, exemplo de aplicação da palavra através de uma imagem e o processo gestual-visual de apresentação do sinal. As imagens representam os sinais de: aço, aço inox, alumínio, bronze, chumbo, cobre, estanho, ferro, latão, níquel, ouro, platina, prata e zinco (na categoria de metais) e possui também uma categoria de minerais: ágata, ametista, calcita, esmeralda, hematita, jade, lápis-lazúli, olho de tigre, ônix, opala, pirita, quartzo, rubi, safira e turquesa.

- **Enciclopédia da Língua de Sinais Brasileira: O Mundo do surdo em Libras**, volume 1 dos autores: Fernando César Capovilla e Walkiria Duarte Raphael, 2011.

A forma de apresentação dos sinais é por meio de imagens e apresenta a representação do sinal, *SignWriting*, palavra relativa a este sinal em português e tradução para o inglês, significado, exemplo de aplicação através de uma frase e imagem e o processo gestual-visual de apresentação do sinal. As imagens representam apenas os sinais de: brilho, eletricidade e peso que foram da categoria 'Em relação a Física'. Os sinais são divididos por categorias e não possui categoria relacionada à química.

- **Novo Deit-Libras: Dicionário Enciclopédico Ilustrado Trilíngue da Língua Brasileira de Sinais** (Libras), volume 1: Sinais de A a H dos autores: Fernando César Capovilla, Walkiria Duarte Raphael e Aline Cristina L. Mauricio, 2013.

A forma de apresentação dos sinais é por meio de imagens e apresenta a representação do sinal, *SignWriting*, palavra relativa a este sinal em português e tradução para o inglês, significado, exemplo de aplicação através de uma frase e imagem e o processo gestual-visual de apresentação do sinal. As imagens representam apenas os sinais de: alumínio, ebulição e eletricidade.

- **Novo Deit-Libras: Dicionário Enciclopédico Ilustrado Trilíngue da Língua Brasileira de Sinais** (Libras), volume 2: Sinais de I a Z dos autores: Fernando César Capovilla, Walkiria Duarte Raphael e Aline Cristina L. Mauricio, 2013.

A forma de apresentação dos sinais é por meio de imagens e apresenta a representação do sinal, palavra relativa a este sinal, exemplo de aplicação através de uma imagem e o processo gestual-visual de apresentação do sinal. As imagens representam os sinais de: inodoro, laboratório, metais, ouro, oxigênio, parafuso, peso, pó, prata, prateado, química, sólido, vapor e veneno.

Alguns destes livros e sites não permitem a reprodução nem parcial nem total do material, sendo o sinalário ilustrado montado com as imagens dos termos relacionados ao tema 'Tabela Periódica' apenas dos materiais impressos ou digitais (com exceção dos vídeos) com permissão da editora, autor ou de domínio público.

Verifica-se certa evolução na quantidade de sinais relacionados à química ao longo dos anos, ainda que alguns não sejam oficiais. Mas, ainda assim, existe a escassez de sinais específicos nessa área. Conforme Lindino et al. (2009, p. 151) abordam:

O processo para elaboração de novos sinais é complexo porque envolve uma série de fatores e isso acarreta na falta de muitos sinais para palavras específicas. Este é um fator que ainda deixa a desejar na LIBRAS. Isso justifica as dificuldades encontradas por muitos docentes e intérpretes na hora de ensinar aos discentes surdos, especialmente na disciplina de Química, a qual abrange muitos conceitos abstratos e na qual há inúmeras palavras específicas.

A construção e disponibilização do sinalário ilustrado é um importante instrumento para o intérprete e para o aluno surdo, pois como Barroso e Oliveira (2015, p. 1) relatam,

A falta de materiais didáticos voltados para se trabalhar com deficientes auditivos é o que mais dificulta na aquisição de conhecimento, principalmente, quando se trata do ensino das ciências exatas, pois estas possuem conceitos abstratos e símbolos e a linguagem de sinais nesta área é ainda precária.

A tabela periódica possui símbolos e números e é importante tanto para o aluno surdo como ouvinte, pois é uma ferramenta de consulta. As aulas sobre esse tema são também muito importantes para que os alunos possam compreender o porquê da sua atual configuração e as propriedades dos elementos de forma que compreenderá um pouco mais sobre as aplicações e utilidades desses elementos químicos no seu cotidiano.

#### **4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÕES**

O fato de a intérprete saber poucos sinais e ainda ter errado dois deles, torna ainda mais fundamental o uso do sinalário ilustrado para que a mesma possa evitar a defasagem no aprendizado do aluno surdo sobre o tema tabela periódica ou mesmo outros assuntos que utilizem de tais sinais.

De forma a tentar amenizar este problema, foi organizado o sinalário ilustrado sinais (por ser um material muito grande, não está incluso no presente artigo, mas através do material dos 'resultados e discussão' é possível consultar todos os sinais do sinalário além dos que não são autorizados a serem reproduzidos) com sinais específicos para a compreensão do tema (Tabela Periódica) para dar suporte aos alunos surdos, intérpretes de LIBRAS e os professores que ministram aulas de química para tais alunos, sujeitos envolvidos nesse processo de ensino-aprendizagem, além de outros interessados (ouvintes). Este mesmo sinalário foi disponibilizado de forma digital para os envolvidos na pesquisa (a intérprete e o Colégio Estadual Pedro Calmon), sendo um ponto de partida para contribuir com a Educação Inclusiva.

É perceptível a crescente quantidade de sinais relacionados à química ao longo dos anos, mas ainda assim, existe a escassez de sinais específicos nessa área. Faz-se necessário a criação dos sinais que ainda não existem e oficializar os que não oficiais.

## REFERÊNCIAS

ALVES et al. O Ensino de Química para os surdos: a relevância dos aspectos visuais. In: V ENCONTRO REGIONAL SUL DE ENSINO DE BIOLOGIA e IV SIMPÓSIO LATINO AMERICANO E CARIBENHO DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. Londrina. **Anais**. Londrina – UEL, 2011, p. 01–08. Disponível em: <<http://www.uel.br/ccb/biologiageral/eventos/erebio/comunicacoes/T87.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2017.

AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM LETRAS-LIBRAS. **Glossário**. Disponível em: <<http://www.libras.ufsc.br/hiperlab/avalibras/moodle/mod/glossary/view.php?id=1340>>. Acesso em: 01 set. 2017.

BARROSO, E. B.; OLIVEIRA, M. M. Conhecendo os elementos químicos da tabela periódica através do Jogo de Memória em Libras. In: 67ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, São Paulo, 2015. **Anais**. São Carlos: 67ª Reunião Anual da SBPC. Disponível em: <[http://www.sbpnet.org.br/livro/67ra/resumos/resumos/4995\\_1ca441f09fb783a026f8a862ff8f8f403.pdf](http://www.sbpnet.org.br/livro/67ra/resumos/resumos/4995_1ca441f09fb783a026f8a862ff8f8f403.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2017.

BRANDÃO, F. **Dicionário Ilustrado de Libras**. São Paulo: Global, 2011.

BRASIL. Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras, e o art. 18 da Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 dez. 2005. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/decreto/d5626.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5626.htm)>. Acesso em: 25 março 2017.

CAPOVILLA, F. C.; RAPHAEL, W. D. **Enciclopédia da Língua de Sinais Brasileira: O Mundo do Surdo em Libras**. 1. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

CAPOVILLA, F. C.; RAPHAEL, W. D.; MAURICIO, A. C. L. **Novo Deit-Libras: Dicionário Enciclopédico Ilustrado Trilíngue da Língua Brasileira de Sinais (Libras)**. v. 1. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2013.

\_\_\_\_\_. **Novo Deit-Libras: Dicionário Enciclopédico Ilustrado Trilíngue da Língua Brasileira de Sinais (Libras)**. v. 2. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2013.

**Dicionário da Língua Brasileira de Sinais – Libras**. Disponível em: <[http://www.ines.gov.br/dicionario-de-libras/main\\_site/libras.htm](http://www.ines.gov.br/dicionario-de-libras/main_site/libras.htm)>. Acesso em: 30 ago. 2017.

**Dicionário Libras – Dicionário da Língua Brasileira de Sinais V3 - 2011**. Disponível em: <[http://www.acessibilidadebrasil.org.br/libras\\_3/](http://www.acessibilidadebrasil.org.br/libras_3/)>. Acesso em: 29 ago. 2017.

**Dicionário ProLibras**. Disponível em: <<http://www.surdosonline.com.br/>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

FELTRE, R. **Fundamentos da química**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Moderna, 2001.

HONORA, M.; FRIZANCO, M. L. E. **Livro ilustrado de Língua Brasileira de Sinais: Desvendando a comunicação usada pelas pessoas com surdez**. 1. ed. São Paulo: Ciranda Cultural, 2010.

\_\_\_\_\_. **Livro ilustrado de Língua Brasileira de Sinais: Desvendando a comunicação usada pelas pessoas com surdez**. 1. ed. São Paulo: Ciranda Cultural, 2011.

LACERDA, C. B. F. A inclusão escolar de alunos surdos: o que dizem alunos, professores e intérpretes sobre esta experiência. **Cad. CEDES**, Campinas, v. 26, n. 69, p. 163-184, ago. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ccedes/v26n69/a04v2669.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2017.

LEITE, E. R. O. R.; LEITE, B. S. O Ensino de Química para estudantes surdos: a formação dos sinais. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA e X ENCONTRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA DA BAHIA. Salvador. **Anais**. Salvador – UFBA, 2012, p. 1-9. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/7562/580>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

LINDINO, T. C. et al. Química para discentes surdos: uma linguagem peculiar. **Revista Trama**, Cascavel, v. 5, n. 10, p. 145-158, 2009. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/trama/article/view/4423/3369>>. Acesso em: 11 abril 2017.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2003.

REIS, E. S. **O Ensino de Química para alunos surdos: desafios e práticas dos professores e intérpretes no processo de ensino e aprendizagem de conceitos químicos traduzidos para Libras**. 36 f. il. 2015. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

SALDANHA, J. C. **O ensino de Química em Língua Brasileira de Sinais**. Duque de Caxias, 160 p., 2011. Dissertação. Universidade do Grande Rio.

SERVIÇO DE AJUDAS TÉCNICAS. **Mini dicionário**. Porto Alegre: Fundação de Articulação e Desenvolvimento de políticas públicas para pessoas com deficiência e altas habilidades no Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <[http://www.faders.rs.gov.br/uploads/Dicionario\\_Libras\\_CAS\\_FADERS1.pdf](http://www.faders.rs.gov.br/uploads/Dicionario_Libras_CAS_FADERS1.pdf)>. Acesso em: 05 set. 2017.

SILVA, M. C. A. **Os surdos e as notações numéricas**. Maringá: Eduem, 2010.

SOUSA, S. F.; SILVEIRA, H. E. Terminologias químicas em Libras: a utilização de sinais na aprendizagem de alunos surdos. **Revista Química Nova na Escola**, Belo Horizonte, v. 33, n. 1, p. 37-46, 2011. Disponível em: <[http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33\\_1/06-PE6709.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_1/06-PE6709.pdf)>. Acesso em: 27 março 2017.

SPERB, C. C.; LAGUNA, M. C. V. Os sinalários na Língua de Sinais: como surgem os sinais? In: IX ENCONTRO DO CÍRCULO DE ESTUDOS LINGUÍSTICOS DO SUL, Santa Catarina, 2010. **Anais**. Palhoça: Universidade do Sul de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.portaldeacessibilidade.rs.gov.br/uploads/1289994638ArtigoxCrisxLaguna.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Glossário Libras**. Disponível em: <<http://www.glossario.libras.ufsc.br/>>. Acesso em: 31 ago. 2017.

# CAPÍTULO 21

## EFFECT OF *Luehea divaricata* AND *Pterodon emarginatus* EXTRACTS ON THE OXIDATIVE STABILITY OF SOYBEAN BIODIESEL

Data de aceite: 04/01/2021

### **Anelize Felício Ramos**

Universidade Estadual de Ponta Grossa,  
Programa de Pós-Graduação em Bioenergia  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

### **Lucas Lion Kozlinski**

Universidade Estadual de Ponta Grossa,  
Programa de Pós-Graduação em Química  
Aplicada  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

### **José Osmar Castagnolli Junior**

Universidade Estadual de Ponta Grossa,  
Programa de Pós-Graduação em Bioenergia  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

### **Thiago Mendanha Cruz**

Universidade Estadual de Ponta Grossa,  
Programa de Pós-Graduação em Química  
Aplicada  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

### **Eder Carlos Ferreira de Souza**

Universidade Estadual de Ponta Grossa,  
Programa de Pós-Graduação em Bioenergia  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil  
Universidade Estadual de Ponta Grossa,  
Programa de Pós-Graduação em Química  
Aplicada  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

### **Sandra Regina Masetto Antunes**

Universidade Estadual de Ponta Grossa,  
Programa de Pós-Graduação em Bioenergia  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil  
Universidade Estadual de Ponta Grossa,  
Programa de Pós-Graduação em Química  
Aplicada  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

### **Pedro Henrique Weirich Neto**

Universidade Estadual de Ponta Grossa,  
Programa de Pós-Graduação em Bioenergia  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

### **Maria Elena Payret Arrúa**

Universidade Estadual de Ponta Grossa,  
Programa de Pós-Graduação em Bioenergia  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

**ABSTRACT:** This work investigated the use of *Luehea divaricata* and *Pterodon emarginatus* antioxidant natural extracts as biofuel additives and their compositions, more specifically for soybean biodiesel. The soybean biodiesel was produced by homogeneous catalysis using methanol and sodium methoxy by transesterification and characterized using NMR and gas chromatography techniques. The vegetable origin additives came from *L. divaricata* barks and *P. emarginatus* seeds. Although these species are reported the literature regarding their phenolic composition and antioxidant properties, the studies about antioxidant activity in biodiesel are not reported. The oxidative stability of soybean biodiesel added with the extracts was evaluated using the Rancimat equipment

accelerated oxidation technique according to the EN 14112 specification. The analysis of results showed a significant increase in the induction period when the alcoholic extracts of this two vegetable species were added, evidencing their antioxidant action in the soybean biodiesel. The values found for the extract-added biodiesel induction were over 8.0 h, when the additive concentration was equal or over 125 ppm with the *L. divaricata* extract and 1200 ppm with the *P. emarginatus* extract.

**KEYWORDS:** Induction time, Natural antioxidants, *Pterodon emarginatus*, *Luehea divaricata*.

## 1 | INTRODUCTION

In the last few decades, biodiesel has become a biofuel of great importance in the world energy matrix. Biodiesel is considered a renewable, biodegradable and non-toxic fuel (Meira et al., 2015). It can be obtained from different raw-materials and production methodologies (Sarin et al., 2007; Berchmans and Hirata, 2008; Gaurav, Srivastava and Singh, 2013). In industry, it is usually obtained through the transesterification of vegetable oil and animal fat, using basic homogeneous catalysis and in the presence of methanol. This results in a mixture of fatty acid methyl esters and glycerin.

In any phase of the biodiesel productive process, degradation might occur due to the presence of oxygen, water, light, temperature, metallic ions, microorganisms, peroxides, among other factors that alter its physicochemical properties. The effect of these factors varies with the product conditions, for example, time and place of storage and transportation. Another factor influencing degradation is the biodiesel composition, depending on the raw-material used (Zhou, Xiong and Liu, 2017). The biodiesel degradation process is one of the main disadvantages in comparison with the petroleum diesel. To be commercialized, biodiesel must meet the quality specifications set by the norms (EN, ASTM and ANP in Brazil), such as viscosity, specific mass, acidity index and oxidative stability.

The oxidative stability is mainly related to the fatty acids composition of the raw-material used. The presence of unsaturated fatty acids interferes directly with the biodiesel oxidative stability (Sarin et al., 2010). The hydrolytic and oxidative degradation are the main problem in the long-term storage of biodiesel (Bandioli et al., 1995). Therefore, the use of antioxidant additives is an alternative to increase biodiesel stability, which should reach 8 h by ANP regulation. Antioxidants can be classified according to their action mechanism: primary, secondary, synergists, oxygen removers, biological, chelating agents and mixed antioxidants (Galvan et al., 2014). They can also be categorized as natural or synthetic (Kumar, 2017). Primary antioxidants react interrupting the propagation of the auto-oxidation process chain reaction, through the donation of protons of the OH or NH active groups, preventing the formation or dissemination of free radicals. Substituted phenolic compounds, secondary aromatic amines and thiophenes are the most used primary antioxidants (Varatharajan and Pushparani, 2017). Secondary antioxidants act delaying the chain reaction initiation rate, through the medium hydroperoxide decomposition (Rashed et al., 2015).

The biodiesel industry uses synthetic antioxidant additives that act as primary antioxidants. Most synthetic antioxidants are phenolic or polyphenolic compounds which are different one from another regarding the substituent alkyl groups (Amarowicz et al., 2004). Some of the main antioxidants used in the biodiesel industry are di-*tert*-Butyl-hydroxytoluene (BHT), *tert*-Butyl-hydroxyanisole (BHA), *tert*-butyl-hydroquinone (TBHQ) and propyl gallate (*Pr-G*) (Galvan et al., 2014; Supriyono et al., 2015; Yang et al., 2017).

Although the synthetic antioxidants are the most used industrially, many vegetable species have been studied regarding their application as antioxidant additive in biodiesel, for example *Rosmarinus officinalis* (Medeiros et al., 2013), *Moringa oleifera* (Fernandes et al., 2015), *Curcuma longa* (Sousa et al., 2014) and *Origanum vulgare* (Spacino et al., 2016). The antioxidant property results from the fact that vegetable species presents secondary metabolites in their chemical composition, which act as antioxidants (Varatharajan and Pushparani, 2017).

Brazil has a great diversity of vegetable species with antioxidant activity potential, such as the *Luehea divaricata*, popularly known in Brazil as “açoita-cavalo”. This species belongs to the Tiliaceae family and is found in many Brazilian regions (Lorenzi et al., 2010). The *L. divaricata* bark extracts present several secondary metabolites such as flavones, flavonoids, glycosyl, steroids, catechin and epi-catechin, among others that act as antioxidants (Tanaka et al., 2005). Another species that also presents antioxidant secondary metabolites is the *Pterodon emarginatus* Vog. (Leguminosae/Papilionaceae), popularly known in Brazil as ‘sucupira branca’, it is widely used in domestic medicine as an anti-inflammatory (Carvalho et al., 1999). The fruit and seeds of this species present terpenoids (Coelho et al., 2005) and phenolic compounds such as flavonoids and isoflavones (Dutra, Leite and Barbosa, 2008; Dutra et al., 2009) in their composition, containing molecules with antioxidant properties. Although those species are reported in the literature their phenolic composition and antioxidant properties, studies there about antioxidant activity in biodiesel are not reported. This work evaluated the effects of the antioxidant *L. divaricata* and *P. emarginatus* extracts as additives in soybean biodiesel.

## 2 | EXPERIMENTAL PROCEDURES

### 2.1 Production of Biodiesel

Fresh biodiesel was obtained by transesterification of soybean oil with methanol and sodium methoxy (both reagents were analytic grade without previous purification) added as a catalyst, following the 2:1 molar ratio (oil/alcohol) in the presence of 1% (w/w) catalyst. The reaction medium was stirred at 65 °C for 1 h and the biodiesel was separated from the mixture. The biodiesel was purified by washing with water to remove residual catalyst and dried with anhydrous sodium sulfate (Adapted from Ferrari, Oliveira and Scabio, 2005).

## 2.2 Biodiesel Analysis

### 2.2.1 Biodiesel conversion rate

Nuclear magnetic resonance spectra ( $^1\text{H-NMR}$ ) were used to analyze the triglyceride conversion into biodiesel. The results were obtained in a 400 MHz Bruker model Ascend device. The biodiesel sample was solubilized in deuterated chloroform. The results were analyzed using the software TopSpin3.5pl7 / Bruker. The integration of signals of the methyl ester hydrogens ( $I_{\text{Me}}$ ) at  $\delta 3.6$  ppm and the hydrogen signal of the methylene group adjacent to the carbonyl group ( $I_{\text{CH}_2\alpha}$ ) in  $\delta 2.3$  ppm of  $^1\text{H-NMR}$  were used to find the conversion of Equation 1 (Ruschel et al., 2016).

$$(2I_{\text{Me}}/3I_{\text{CH}_2\alpha}) \times 100 \quad \text{eq. 1}$$

### 2.2.2 Specific mass

The specific mass was determined by pycnometry by using a 25 mL calibrated pycnometer. The analyses were carried out in triplicate at 20 °C (Santo Filho, 2010).

### 2.2.3 Kinematic viscosity

The kinematic viscosity was determined following the norm ASTM D 445 at 40 °C with a Cannon Fenske viscosimeter.

### 2.2.4 Flash point

The biodiesel flashpoint was determined using the Pensky – Martens closed cup flashpoint equipment, following the method *Tiegel Apparat Geschlossenem*, according to the norms NRB 7974 and ASTM D 56. The sample, 50 mL  $\pm$  0,5 mL, was placed in the test tank and the lid was closed.

### 2.2.5 Acidity index determination

The acidity index was obtained by volumetric titration, adapted from the standard EN 14104 and according to Sousa et al. (2014). In triplicate, 2  $\pm$  0.002 g biodiesel were weighed in Erlenmeyer flasks, and solubilized in 25 mL of ether-alcohol solution in a 2:1 ratio and five phenolphthalein indicator drops. It was titrated with KOH solution (0.1 mol L<sup>-1</sup>) until pH 7.

### 2.2.6 Fatty acid profile determination

The fatty acid profile was determined through gas chromatography according to the methodology of Official Method of Analysis, Ce1-62 and Ce 2-26 (AOCS, 1998). A Perkin-Elmer chromatograph model CLARUS 580 was used, with an Elite-Wax capillary column

(60 m, 0.25 mm, 0,5 mm). The conditions set were: 10  $\mu\text{L}$  as injection volume, heating ramp with an initial temperature of 190  $^{\circ}\text{C}$ , and of 10  $^{\circ}\text{C min}^{-1}$  to 230  $^{\circ}\text{C}$  rate, which were kept for 20 minutes. The biodiesel sample was solubilized in hexane HPLC grade at the time of the analysis.

## 2.3 Obtaining the antioxidants extracts

### 2.3.1 *Luehea divaricata* Extract

The methanolic extract from *L. divaricata* barks was prepared by continuous solid-liquid extraction in the Soxhlet equipment, using ethanol as a solvent for 10 h. The extract was filtered and the solvent removed in a rotary evaporator, obtaining the dry extract. The yield of extract obtained from *the L. divaricata* barks was 11.30 % (w/w). The antioxidant additive was prepared through the dry extract solubilisation in methanol, and was added to the biodiesel in the following concentrations 125 ppm, 250 ppm, 500 ppm and 1000 ppm.

### *Pterodon emarginatus* Extract

The methanolic extract from *P. emarginatus* seeds was prepared by solid-liquid continuous extraction in the Soxhlet equipment, with methanol as a solvent for 12 h. The extract was filtered and the solvent removed in a rotary evaporator, obtaining the dry extract. The yield of extract obtained from the *P. Emarginatus* seeds was 12.80% (w/w). The antioxidant additive was prepared through the dry material solubilisation in methanol, and was added to the biodiesel in the following concentrations 125 ppm, 250 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 1200 ppm and 1500 ppm.

## 2.4 Oxidative stability determination

Oxidative stability measurements were carried out using the Rancimat equipment model 893 (Metrohm, Herisau, Switzerland) as in EN 14112. The tests consisted in passing a 10 L  $\text{h}^{-1}$  air flow through 3.0 g sample with and without antioxidant additive in the soybean biodiesel. The accelerated oxidation test was performed using the Rancimat Method. The induction period was obtained in accordance with the EN 14112 method and according to the resolution N $^{\circ}$  14/2012 by the National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP). All samples were tested in triplicate.

## 3 | RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 Conversion rate

Aiming at determining the conversion rate in methyl esters, the  $^1\text{H}$  RMN characterization was carried out.

The fatty acid methyl esters conversion rate was obtained according to the method proposed by Ruschel et al. (2016). The relation of integrals of methoxyl hydrogen signal

in d3,6 ppm (1.4552 integral) and the hydrogen signal in the methylene group adjacent to the carbonyl group in d 2,3 ppm (1.0012 integral) were used. The calculation resulted in 96.9% conversion rate. These esters comprise 96.9% of the present substances in the B100 biodiesel used, and they are also in agreement with the current Brazilian legislation (ANP), which establishes a minimum limit of 96.5 %.

### 3.2 Soybean biodiesel characterization

The soybean biodiesel produced was characterized regarding its specific mass, kinematic viscosity, flash point and acidity index as shown in Table 1.

Parameters	Value	Limit	Norm
Kinematic viscosity at 40 °C (mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	4.18 ± 0,03	3.0 a 6.0	EN ISO 3104
Specific mass at 20°C (kg m <sup>-3</sup> )	876.00 ± 0.02	850 a 900	EN ISO 3675
Flash point (°C)	Over 100.0	Min. 100.0	EN ISO 3679
Acidity value (mg KOH g <sup>-1</sup> )	0.46 ± 0.02	0.5	EN 14104 (5)

Table 1. Physical-chemical properties of biodiesel produced from soybean. All data reported represent the arithmetic means of triplicate assays.

Physicochemical parameters, specific mass, kinematic viscosity, flash point and acidity index are within the limits set by the EN norms, as shown in Table 1. The values found are also in accordance with the literature (Zuniga et al., 2011; Sousa et al., 2014). Sousa et al. (2014) when studying soybean methyl biodiesel obtained a 884.5 kg m<sup>-3</sup> specific mass value, 4.12 mm s<sup>-1</sup> kinematic viscosity and 176.5 °C flash point and these values are close to those found by Zuniga et al. (2011).

### 3.3 Fatty acid profile

The biodiesel oxidation process is mainly influenced by the fatty acid composition of the vegetable oil used as raw material. The higher percentage of unsaturated fatty acids present is, the higher the susceptibility to degradation of the oil is, and consequently, the biodiesel degradation. Oxidation usually occurs via auto-oxidation or polymerization, depending on conditions such as suitable moisture, light and/or heat (Ferrari, Oliveira and Scabio, 2005). In addition, other characteristics are affected such as the kinematic viscosity and iodine index among others. These properties are directly related to the biofuel performance in the engine (Lobo et al., 2009).

The determination of fatty acid profile was carried out by the composition of fatty acid esters in the soybean biodiesel. Table 2 presents the soybean biodiesel composition, the data obtained is in line with the existing literature (Souza et al., 2014; Farias et al., 2016).

Fatty acid	Soybean <sup>a</sup> (%)	Soybean <sup>b</sup> (%)	Soybean <sup>c</sup> (%)
Palmitic (16:0)	10.77	11.60	6.95
Stearic (18:0)	4.20	3.20	4.23
Oleic (18:1)	26.57	22.80	36.02
Linoleic (18:2)	51.16	55.63	42.62
Linolenic (18:3)	6.48	6.66	6.45

<sup>a</sup> Experimental results. All data reported here are arithmetic means of triplicate assays.

<sup>b</sup> Souza et al., 2014

<sup>c</sup> Farias et al., 2016

Table 2. Fatty acids composition of *soybean* biodiesel.

### 3.4 Oxidative stability determination

As observed in Table 2, the soybean oil composition presented 84.21% unsaturated fatty acids and this influences directly the biodiesel oxidative stability. The higher the unsaturation number present in the methyl ester composition, is the higher the biodiesel oxidation is. Thus, to overcome this problem, it is necessary to work with raw material blends and/or additives such as antioxidants to increase the biodiesel induction period. The longer the biodiesel induction period is, greater the oxidative stability is (Zhou et al., 2017).

In this study, two vegetable extract antioxidant additives were used, the *P. emarginatus* seed methanolic extract and the *L. divaricata* bark ethanolic extract. Both extracts presented secondary metabolites with antioxidant properties. The extract concentrations employed in this study were 125 ppm – 1000 ppm to *L. divaricata* and 125 ppm - 1200 ppm to *P. Emarginatus*. These range values were used because in concentrations above them the formation of solids after oxidation test. Table 3 shows the results of accelerated oxidation tests of B100 and B100 biodiesel with different concentrations of additives. The B100 induction period value found was  $4.79 \text{ h} \pm 0.84$ , this value is below the limit set by the European norm (EN 14112). To overcome problems resulting from the low oxidative stability and reach the minimum induction period required for commercialization, the industry of vegetable oil and biodiesel employ antioxidant additives. The results shown in Table 3 confirm the antioxidant action of the *L. divaricata* and *P. emarginatus* extract in the biodiesel, since the induction period was over 8 hours, in the concentrations 125 ppm and 1000 ppm, respectively.

Concentration of additives (ppm)	Induction Period (h)	
	<i>P. emarginatus</i> <sup>a</sup>	<i>L. divaricata</i> <sup>a</sup>
0	4.79 ± 0.84	4.79 ± 0.84
125	5.30 ± 0.55	8.08 ± 0.63
250	5.91 ± 0.38	8.94 ± 0.31
500	6.99 ± 0.89	8.99 ± 0.16
1000	7.85 ± 0.34	10.01 ± 0.30
1200	8.84 ± 0.05	----
1500	9.54 ± 0.92	----

<sup>a</sup> Experimental results. All data reported here are arithmetic means of triplicate assays. The data are expressed as the mean ± SD.

Table 3. Oxidative Stability of soybean biodiesel with and without additives. All data reported here are arithmetic means of triplicate assays.

These results are plotted in Figure 1. There are differences in the antioxidant capacity between these two vegetable species extracts. It is possible to verify that *L. divaricata* extract has an effective antioxidant response at 125 ppm, reaching the minimum oxidation time required by ANP with concentrations 8x smaller than *P. emarginatus*. However, the response of the induction period by the *L. divaricata* extract did not increase proportionally with concentration as the *P. emarginatus* extract, as shown in Figure 1.

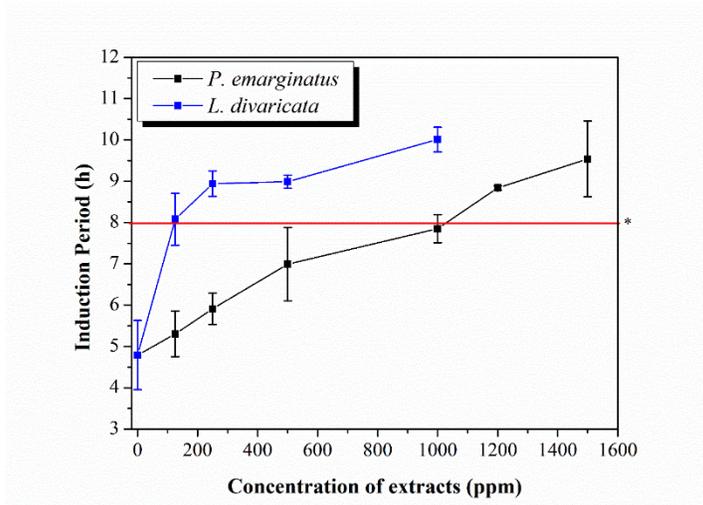


Figure 1. Effect of extract concentration in induction period of soybean biodiesel.

This is probably due to the difference in her composition of the secondary metabolites, that is not foccus of this research. These additives probably promote the removal or inactivation of the free radicals formed during the reaction initiation or propagation, interrupting the oxidation (Yaakob et al., 2014).

## 4 | CONCLUSIONS

*P. emarginatus* and *L. divaricata* alcoholic extracts were efficient as antioxidant additives in soybean methyl biodiesel, retarding the oxidative process. This could be confirmed by the Rancimat test. These results indicate that these extracts are efficient natural antioxidants for biodiesel and vegetable oils. The use of vegetable extracts as antioxidant additives presents advantages when compared to synthetic antioxidants for being environmentally friendly, nontoxic, biodegradable, sustainable and renewable. Regarding the use of natural origin antioxidants, both extracts showed powerful antioxidant properties when applied in soybean biodiesel. The *L. divaricata* and *P. emarginatus* extracts reached the minimum time of 8 hours at concentrations of 125 ppm and 1200 ppm respectively.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge the, CAPES, CNPq and Fundação Araucária for funding the research and C-LABMU for the analysis.

## REFERENCES

Amarowicz, R., Pegg, R. B., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B., Weil, J. A. (2004) Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *Food Chemistry*, **84**:551–562. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00278-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00278-4).

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2020). Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Rio de Janeiro: ANP, 2020. <http://www.anp.gov.br>.

Bandioli, P., Gasparoli, A., Lanzani, A., Fedeli, E., Veronese, S., Sala, M. (1995) Storage Stability of Biodiesel. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **72**:669-702. <https://doi.org/10.1007/BF02635658>.

Bastos, F. A., Tubino, M. (2017) The use of the liquid from cashew nut shells as an antioxidant in biodiesel. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, **28**:747-755. <https://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20160223>.

Berchmans, H. J., Hirata, S. (2008) Biodiesel production from crude *Jatropha curcas* L. seed oil with a high content to free fatty acids. *Bioresource Technology*, **99**:1716-1721. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.03.051>.

Carvalho, J. C. T., Sertié, J. A. A., Barbosa, M. V. J., Patrício, K. C. M., Caputo, L. R. G., Sarti, S. J., Ferreira, L. P., Bastos, J. K. (1999) Anti-inflammatory activity of the crude extract from the fruits of *Pterodon emarginatus* Vog. *Journal of Ethnopharmacology*, **64**:127-133. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(98\)00116-0](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(98)00116-0).

Cremones, P. A., Feroldi, M., De Jesus O. C., Teleken, J. G, Meier, T. W., Dieter, J., Sampaio, S. C; Borsato, D. (2016) Oxidative stability of biodiesel blends derived from different fatty materials. *Industrial Crops and Products*, **89**:135-140. <https://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.004>.

Dutra, R. C., Fava, M. B., Alves, C. C., Ferreira, A. P., Barbosa, N. R. (2009) Antiulcerogenic *Pterodon emarginatus* and anti-inflammatory activities of the essential oil from seeds%20Rafael%20C.&ft.aucorp=&ft.date=2009-02&ft.volume=61&ft.issue=2&ft.part=&ft.quarter=&ft.ssn=&ft.spage=243&ft.epage=250&ft.pages=243-250&ft.artnum=&ft.issn=0022-3573&ft.eissn=2042-7158&ft.isbn=&ft.sici=&ft.coden=&ft\_id=info:doi/10.1211/jpp.61.02.0015&ft.object\_id=&svc\_val\_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:sch\_svc&ft.eisbn=&ft\_dat=%3Cwj%3E10.1211/jpp.61.02.0015%3C/wj%3E%3Cgrp\_id%3E5693039014710983498%3C/grp\_id%3E%3Ccoa%3E%3C/oa%3E%3Curl%3E%3C/url%3E&ft\_id=info:oai/&svc.fulltext=yes&req.language=por&ft\_pqid=20114694&ft\_id=info:pmid/" \t "\_blank" . *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, **61**:243-250. <https://dx.doi.org/10.1211/jpp/61.02.0015>.

Dutra, R. C., Leite, M. N., Barbosa, N. D. (2008) Quantification of Phenolic Constituents and Antioxidant Activity of *Pterodon emarginatus* Vogel Seeds. *International Journal of Molecular Sciences*, **9**:606-614. <https://dx.doi.org/10.3390/ijms9040606>.

Farias, A. F. F., Conceição, M. M., Cavalcanti, E. H. (2016) Analysis of soybean biodiesel additive with different formulations of oils and fats. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, **123**:2121-2127. <https://dx.doi.org/10.1007/s10973-015-4772-0>.

Galvan, D, Orives, J. R, Corpo, R. L., Rodrigues, C. H. F., Spacino, K. R., Pinto, J. P., Borsato, D. (2014) Estudo da cinética de oxidação de biodiesel B100 obtido de óleo de soja e gordura de porco: determinação da energia de ativação. *Química Nova*, **37**:244–248. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140042>.

Favareto, R., Teixeira, M. B., Soares, F. A. L., Belisário, C. M., Corazza, M. L., Cardozo-Filho, L. (2017) The Study of the supercritical extraction of *Pterodon* fruits (Fabaceae). *Journal of Supercritical Fluids*, **128**:159-165. <https://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2017.05.028>.

Fernandes, D. M., Sousa, R. M. F., De Oliveira, A., Morais, S. A. L, Richter, E. M., Muñoz, R. A. A. (2015) Moringa oleifera: A potential source for production of biodiesel and antioxidant additives. *Fuel*, **146**:75-80. <https://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2014.12.081>.

Gaurav, K., Srivastava, R., Singh, R. (2013) Exploring biodiesel: Chemistry, Biochemistry, and Microalga Source. *International Journal of Green Energy*, **13**:775-796. <https://doi.org/10.1080/15435075.2012.726673>.

Kumar, N. (2017) Oxidative stability of biodiesel: Causes, effects and prevention. *Fuel*, **190**:328-350. <https://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2016.11.001>.

Lobo, I. P., Ferreira, S. L. C., Serpa da Cruz, R. (2009) Parâmetros de qualidade e métodos analíticos. *Química Nova*, **32**:1596-1608. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000600044>.

Lorenzi, H., Kahn, F., Noblick, L. R., Ferreira, E., (2010) Flora Brasileira Arecaceae (Palmeiras). Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. ISBN: 85-86714-36-8.

Medeiros, M. L., Cordeiro, A. M. M. T., Queiroz, N., Soledade, L. E. B., Souza, A. L.; Souza, A. G. (2013) Efficient Antioxidant Formulations for Use in Biodiesel. *Energy Fuels*, **28**:1074-1080. <https://dx.doi.org/10.1021/ef402009e>.

Meira, M., Quintella, C. M., Ribeiro, E. M. O., Silva, H. R. G., Guimarães, A. K. (2015) Overview of the challenges in the production of biodiesel. *Biomass Conversion and Biorefinery*, **5**:321-329. <https://dx.doi.org/10.1007/s13399-014-0146-2>.

Pontes, C. L., Alves, R. P., Lima, C., Machado, G. C. R., Silva, L. C., Costa, C. S. K., Todeschini, A. R., Pinto, C. G. M. (2005) Antinociceptive properties of ethanolic extract and fractions of *Pterodon pubescens* Benth. Seeds. *Journal of Ethnopharmacology*, **98**:109-116. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.01.014>.

Ruschel, C. F. C., Ferrão, M. F., Dos Santos, F. P., Samios, D. (2016) Otimização do processo de transesterificação em duas etapas para produção de biodiesel através do planejamento experimental Doehlert. *Química Nova*, **39**:267-272. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20160018>.

Santos, N. A., Damasceno, S. S., De Araújo, P. H. M., Marques, V. C., Rosenhaim, R., Fernandes, V. J., Queiroz, N., Santos, I. M. G., Maia, A. S, Souza, A. G. (2011) Caffeic acid: An efficient antioxidant for soybean biodiesel contaminated with metals. *Energy Fuels*, **25**:4190-4194. <https://dx.doi.org/10.1021/ef200869v>.

Spacino, K. R., Da Silva, E. T., Angilellil, K. G., Moreira, I., Galão, O. F., Borsato, D. (2016) Relative protection factor optimisation of natural antioxidants in biodiesel B100. *Industrial Crops and Products*, **80**:109-114. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.034>.

Sarin, A., Arora, R., Singh, N. P., Sarin, R., Sharma, M., Malhotra, R. K. (2010) Effect of Metal Contaminants and Antioxidants on the Oxidation Stability of the Methyl Ester of Pongamia. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **87**:567-572. <https://doi.org/10.1007/s11746-009-1530-0>.

Sarin, R., Sharma, M., Sinharay, S., Malhotra, R. K. (2007) Jatropa-palm biodiesel blends: An optimum mix for Asia. *Fuel*, **86**:1365-1371. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2006.11.040>.

Sousa, L. S., De Moura, C. V. R., De Oliveira, J. E., De Moura, E. M. (2014) Use of natural antioxidants in soybean biodiesel. *Fuel*, **134**:420-428. <https://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2014.06.007>.

Supriyono, Sulisty, H., Almeida, M. F., Dias, J. M. (2015) Influence of synthetic antioxidants on the oxidation stability of biodiesel produced from acid raw *Jatropha curcas* oil. *Fuel Processing Technology*, **132**:133-138. <https://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2014.12.003>.

Tanaka, A. J. C., Da Silva, C. C., Dias Filho, P. B., Nakamura, C. V., Carvalho, J. E., Foglio, M.A. (2005) Constituintes químicos de *Luehea divaricata* MART. (TILIACEAE). *Química Nova*, **28**:834-837. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422005000500020>.

Varatharajan, K., Pushparani, D. S. (2017) Screening of antioxidant additives for biodiesel fuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **82**:2017-2028. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.020>.

Yang, J., He, Q. S., Corscadden, K., Caldwell, C. (2017) Improvement on oxidation and storage stability of biodiesel derived from an emerging feedstock camelina. *Fuel Processing Technology*, **157**:90-98. <https://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.12.005>.

Yaakob, Z., Narayanan, B.N., Padikkaparambil, S., Unni S. K., Akbar, M. P. (2014) A review on the oxidation stability of biodiesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **35**:136-153. <https://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.055>.

Zhou, J., Xiong, Y., Liu, X. (2017) Evaluation of the oxidation stability of biodiesel stabilized with antioxidants using the Rancimat and PDSC methods. *Fuel*, **188**:61-68.

## ANODO DE ALUMÍNIO COM NANOPOROS CONTENDO NIÓBIO PARA USO EM SISTEMA ARMAZENAMENTO DE ENERGIA RENOVÁVEL

Data de aceite: 04/01/2021

### **Guilherme Arielo Rodrigues Maia**

Universidade Federal de Alagoas,  
Departamento de Química  
Maceió - Alagoas

### **Paulo Rogério Pinto Rodrigues**

Universidade Estadual do Centro-Oeste,  
Departamento de Química  
Guarapuava - Paraná

### **Josealdo Tonholo**

Universidade Federal de Alagoas,  
Departamento de Química  
Maceió - Alagoas

**RESUMO:** O desenvolvimento de novos sistemas de baterias recarregáveis poderia alimentar várias aplicações de energia, desde a eletrônica pessoal até o armazenamento em rede: solar, eólica ou hidrogênio. Baterias recarregáveis à base de alumínio oferecem as possibilidades de baixo custo e baixa inflamabilidade, juntamente com propriedades redox levando a alta capacidade. No entanto, os esforços de pesquisa nos últimos 30 anos encontraram inúmeros problemas, como desintegração do material catódico e/ou anódico entre outros. Diversas pesquisas estudam a utilização do  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  nos anodos das baterias, porém as pesquisas relacionadas à aplicação do  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  juntamente com o alumínio são escassas. Outro importante ponto a se considerar é que o Brasil detém as maiores reservas mundial de nióbio e é o maior produtor desse elemento,

com aproximadamente 98% do total mundial. Sendo assim, a principal finalidade deste projeto foi estudar o ânodo das baterias em sistemas de armazenamento de energia, compostas por alumínio anodizado e inserção do  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ , visando um aumento de eficiência do sistema de armazenamento de energias renováveis. Foram realizados processos de anodização e a produção do pentóxido de nióbio foi pelo método sol-gel. As técnicas de caracterização utilizadas foram análise termogravimétrica (TG), espectroscopia por energia dispersiva de raios-X (EDX) e medidas carga/descarga. O anodo de alumínio com inserção de  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  nos poros após a anodização apresentou valores de potencial  $E = 2,7$  V de pico máximo em processo de carga e boa estabilidade com a composição de 10% (m/m) de  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  na síntese sol-gel.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bateria, sustentabilidade, energia.

**ABSTRACT:** The development of new rechargeable battery systems could power several energy applications, from personal electronics to network storage: solar, wind or hydrogen. Rechargeable aluminum-based batteries offer the possibilities of low cost and low flammability, along with redox properties leading to high capacity. However, research efforts over the past 30 years have encountered numerous problems, such as disintegration of cathodic and / or anodic material, among others. Several studies study the use of  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  in the anodes of batteries, but research related to the application of  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  together with aluminum is scarce. Another important point to consider is that

Brazil has the largest world reserves of niobium and is the largest producer of this element, with approximately 98% of the world total. Thus, the main purpose of this project was to study the anode of batteries in energy storage systems, composed of anodized aluminum and insertion of  $Nb_2O_5$ , aiming at increasing the efficiency of the renewable energy storage system. Anodizing processes were carried out and the production of niobium pentoxide was by the sol-gel method. The characterization techniques used were thermogravimetric analysis (TG), X-ray dispersive energy spectroscopy (EDX) and charge / discharge measures. The aluminum anode with insertion of  $Nb_2O_5$  in the pores after anodization showed high values of maximum peak potential in the loading process and good stability with the composition of 10% (m / m) of  $Nb_2O_5$  in the sol-gel synthesis.

**KEYWORDS:** Battery, sustainability, energy.

## 1 | INTRODUÇÃO

O padrão atual de produção e consumo de energia é baseado nas fontes fósseis, o que gera emissões de poluentes locais, gases de efeito estufa e põem em risco o suprimento de longo prazo no planeta. A matriz energética mundial se concentra basicamente em energia não renovável com aproximadamente 87% e 14% de renováveis, no caso de países industrializados, caindo para 6% entre as nações em desenvolvimento. No Brasil esses números são diferentes, o país tem a matriz energética mais renovável do mundo industrializado com 45% de sua produção proveniente de fontes como recursos hídricos, biomassa e etanol, além das energias eólica e solar (BRASIL, 2019).

Dentre as energias consideradas renováveis, podem ser destacadas as que proporcionam geração de energia elétrica, como a energia hidroelétrica, energia solar fotovoltaica e energia eólica. Porém sistemas de geração de energia solar e eólica dependem de forças da natureza, como o sol e o vento, que sofrem variações de intensidade de acordo com as condições climáticas, resultando em uma geração de energia não constante. Contudo, a estabilização dessa geração e o aumento da confiabilidade podem ser obtidos pela utilização de sistemas de armazenamento (SCHILL et al., 2017; SILVA; HENDRICK, 2017).

Há um grande potencial para que o desenvolvimento de sistemas de armazenamento de energia ganhe impulso face ao avanço científico e tecnológico alcançado, aliado também a constante necessidade da modernização no sistema elétrico. Nesse contexto, trata-se de um tema bastante em pauta e repleto de oportunidades de pesquisa.

Existe uma variedade de opções de tecnologias de armazenamento de energia para o setor elétrico, em diferentes estágios de maturidade e com aplicações específicas, cada uma com sua respectiva característica operacional, desempenho, ciclo de operação e durabilidade, sendo que as baterias podem utilizadas como armazenamento de energia elétrica, provenientes da solar fotovoltaica e eólica. O custo de obtenção de baterias ainda é oneroso para o consumidor, e problemas de gerenciamento dos sistemas pós instalação

das mesmas, não garantem a sustentabilidade do sistema de armazenamento (BOCCHI, 2000; WANG, 2015; SILVA Jr., 2016; SILVA; HENDRICK, 2017)

Na Tabela 1 estão apresentadas as baterias mais utilizadas em sistemas de armazenamento de energia, destacando as suas características, vantagens e desvantagens.

Bateria	Características	Vantagens	Desvantagens
Chumbo-ácidas	Tensão: 2V Energia: 10-40 Wh/kg Anodo: chumbo, carbono. Catodo: peróxido de chumbo.	Baixa emissão de gases; Suporta maiores picos de corrente na recarga; Menor demanda de manutenção; Tecnologia madura.	Mais sensível às condições operacionais (tensão elevada, temperatura, etc.); Risco de avalanche térmica; Contém metal pesado.
Níquel-sódio	Tensão: 2,58 V Energia: 90 - 150 Wh/kg Anodo: sódio (fundido) Catodo: cloreto de níquel. Eletrólito: NaAlCl <sub>4</sub> (fundido)	Possui sistema de monitoração e gestão na bateria (BMS); Pouca demanda de manutenção; Larga faixa de temperatura de operação: -30 a 60 °C; Operação em temperatura elevada.	Elevada autodescarga (1 semana); Tempo de recarga de 8 a 12h; Parte da energia da bateria é utilizada para seu aquecimento.
Íon Lítio	Tensão: 3,6 V Energia: 100 - 250 Wh/kg Anodo: grafite Catodo óxido metálico de lítio Eletrólito: sal de lítio (LiPF <sub>6</sub> ) misturado em solventes orgânicos	Alta densidade de energia ocupa pouco espaço; Possui sistema eletrônico de controle e monitoração na bateria; Suporta elevados picos de corrente; Excelente desempenho em aplicações de ciclagem; Baixo tempo de recarga (1 a 3 h); Elevada eficiência de carga.	Imprescindível possuir BMS confiável e com desempenho adequado; Pequenos desvios da tensão de operação pode reduzir sua vida útil; Avalanche térmica.
Fluxo de Vanádio	Tensão: 1,4 V Energia: 10- 20 Wh/kg Anodo: V <sup>4+</sup> Catodo: V <sup>2+</sup> Eletrólito: Solução aquosa ácido sulfúrico.	Elevada autonomia; Possui sistema de monitoração embutido na bateria (BMS); Menor impacto ambiental - não possui metal pesado.	Ocupa maior espaço; Manutenção mais complexa; Tecnologia em desenvolvimento; Vanádio é um metal caro e raro.

Tabela 1. Baterias aplicadas em sistemas de armazenamento de energia, características, vantagens e desvantagens.

A maioria das baterias utilizadas em sistemas de armazenamento de energia são as de chumbo-ácido, entretanto devido ao problema ambiental e do índice de toxidez causado pelo chumbo, mesmo sendo economicamente viável, esta tem tido o seu uso minimizado. As baterias mais aplicadas no momento, devido à durabilidade das mesmas são as de íon lítio e as NMC (níquel, manganês e óxido de cobalto), porém, pesquisas têm sido desenvolvidas em busca da substituição das baterias de lítio, devido ao seu elevado custo

e a baixa reserva mundial e os elementos de liga como as da NMC não tornam este tipo de bateria vantajosa, devido aos custos dos mesmos. Outros tipos de baterias com menor custo, e com bom desempenho tecnológico, têm sido estudadas, entre elas podem-se destacar as de alumínio (LIN et al. 2015; MUÑOZ-TORRERO, 2018; HOLLAND, 2018).

O alumínio é um material interessante para baterias porque é relativamente barato - mais barato do que o lítio - e tem potencial para armazenar uma grande quantidade de carga. A bateria de alumínio é composta por dois eletrodos: um ânodo carregado negativamente feito de alumínio e um cátodo carregado positivamente (ex: grafite), os dois mergulhados em um eletrólito de líquido iônico (LIN et al. 2015).

Não foi possível ainda viabilizar uma bateria de alumínio que produzisse uma tensão suficiente e fosse durável, em números, ela pode suportar aproximadamente 7,5 mil ciclos de recarregamentos, enquanto uma típica de íon lítio dura cerca de mil ciclos. Apesar de muito durável e de conservar a tensão gerada ao longo de milhares de ciclos de carga e descarga, gera uma tensão baixa, cerca de metade da gerada por uma bateria de lítio (LI, 2002; MUÑOZ-TORRERO, 2018)

Com o intuito de melhorar as propriedades da bateria de alumínio, o anodo (Al) pode ser modificado, e um dos métodos é o processo de anodização, criando nanoporos na superfície do eletrodo, sendo que os nanoporos possibilitam a inserção de materiais com características que possibilita o aumento da eficiência dessas baterias, como por exemplo o  $Nb_2O_5$ .

Diversas pesquisas estudam a utilização do  $Nb_2O_5$  nos anodos das baterias (CATTI et al., 2016; USUI et al., 2016; TOLOSA et al., 2018), porém as pesquisas relacionadas à aplicação do  $Nb_2O_5$  juntamente com o alumínio são escassas. Outro importante ponto a se considerar é que o Brasil detém as maiores reservas mundial de nióbio e também é o maior produtor desse elemento, com aproximadamente 98% do total mundial (LIMA, J. M. G.; 2010), esse fato, é mais uma justificativa para o estudo de diferentes aplicações para o nióbio.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Placas de folha de alumínio 99,99% de 0,1 mm espessura, com dimensões de 25 mm × 35 mm foram empregadas no anodo das baterias. Após o desengorduramento em acetona, as placas foram polidas em lixas e pasta diamante de diferentes granulometrias. As placas polidas, limpas e secas foram anodizadas nas condições de densidade de corrente  $j=10 \text{ mA/cm}^2$ , tempo  $t= 10 \text{ min}$ , a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Na etapa de anodização foi utilizada uma fonte de tensão Minipa-303 com controle digital para a regulação da corrente. A montagem do circuito elétrico dessa etapa foi com as amostras de alumínio como ânodo e uma placa de alumínio da mesma liga com formato retangular de área 5 vezes maior como cátodo, imersos em solução ácida dentro de um

recipiente de vidro com capacidade de 50 mL, um multímetro em série para regulagem fina da corrente e temperatura controlada a  $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ . O tempo foi controlado com cronômetro digital.

Após a anodização foram produzidos filmes de  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  para serem depositados nas placas de alumínio conforme fluxograma da Figura 2. As concentrações de complexo de Nb foram de 5, 10 e 15 % (m/m).

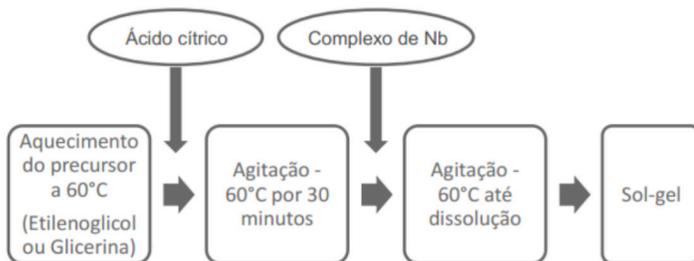


Figura 2. Fluxograma com as etapas de produção dos filmes de nióbio pelo método sol-gel.

A deposição dos filmes nos eletrodos de alumínio foi realizada por *dipcoating* após a deposição as amostras foram submetidas de  $30^{\circ}\text{C}$  até  $450^{\circ}\text{C}$  com taxa de aquecimento de  $10^{\circ}\text{C}$  por minuto;

Foram realizadas mediadas de ciclos de carga/descarga em um sistema de célula aberta composta por três eletrodos: contra eletrodo de Pt, eletrodo de referência  $\text{Hg}, \text{Hg}_2\text{O}/\text{KOH}$  e de trabalho  $\text{Al}/\text{Nb}_2\text{O}_5$ . No presente trabalho foi utilizada uma célula eletroquímica em “H”. Na Figura 3 está apresentado o esquema da célula para caracterização eletroquímica do eletrodo de  $\text{Al}/\text{Nb}_2\text{O}_5$ .

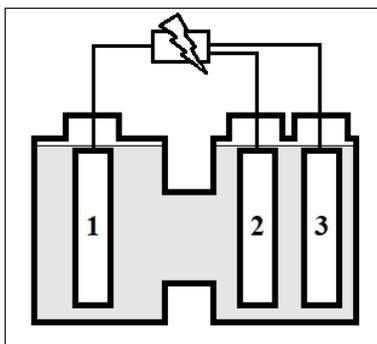


Figura 3. Sistema experimental para os ciclos galvanostáticos de carga/descarga, mostrando a célula eletroquímica de três eletrodos, onde (1) corresponde ao contra eletrodo, (2) ao eletrodo de referência, e (3) ao eletrodo de trabalho  $\text{Al}/\text{Nb}_2\text{O}_5$  (Fonte: do autor).

Como apresentado na Figura 3, o contra eletrodo de Pt (1) foi mantido separado dos demais. Essa configuração visa a preservação do ambiente entre o eletrodo de referência (2) e o de trabalho  $Al/Nb_2O_5$  (3) livre de interferências como a possível evolução de hidrogênio a partir do contra eletrodo de Pt.

Foram aplicados ciclos galvanostáticos de carga/descarga que consistem em carregar o eletrodo submetendo-o a uma corrente catódica constante por 10 min. No presente trabalho os ciclos galvanostáticos de carga/descarga foram realizados no potenciostato AUTOLAB.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição das placas de alumínio AA-3003 está apresentada na Tabela 2 e os picos do espectro estão apresentados na Figura 4.

%	Elementos										
	Al	Mn	Fe	Si	Cu	Pb	Ti	Ni	Zr	Zn	Cr
97,32	1,25	0,66	0,33	0,15	0,10	0,09	0,04	0,03	0,02	0,01	

Tabela 2. Composição das placas de alumínio determinadas por fluorescência de raios-X.

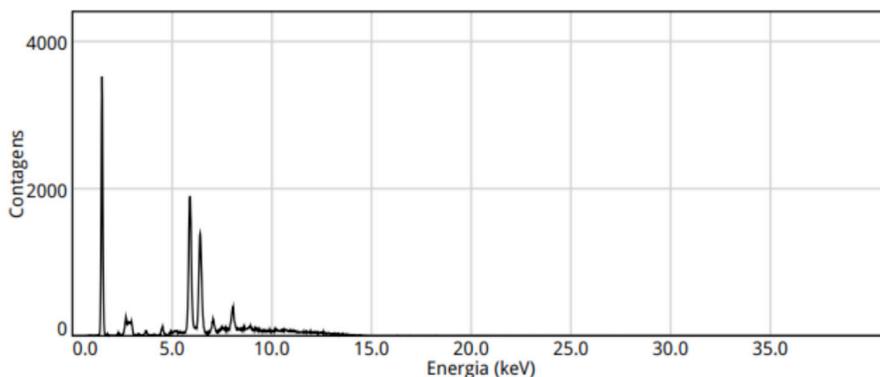


Figura 4. Espectro de fluorescência de raios-X da placa de alumínio.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 2 e Figura 4 foi possível observar que as placas apresentaram na sua maior composição o elemento alumínio, sendo em aproximadamente 97%.

As curvas carga e descarga estão apresentadas nas Figuras 5 a 8.

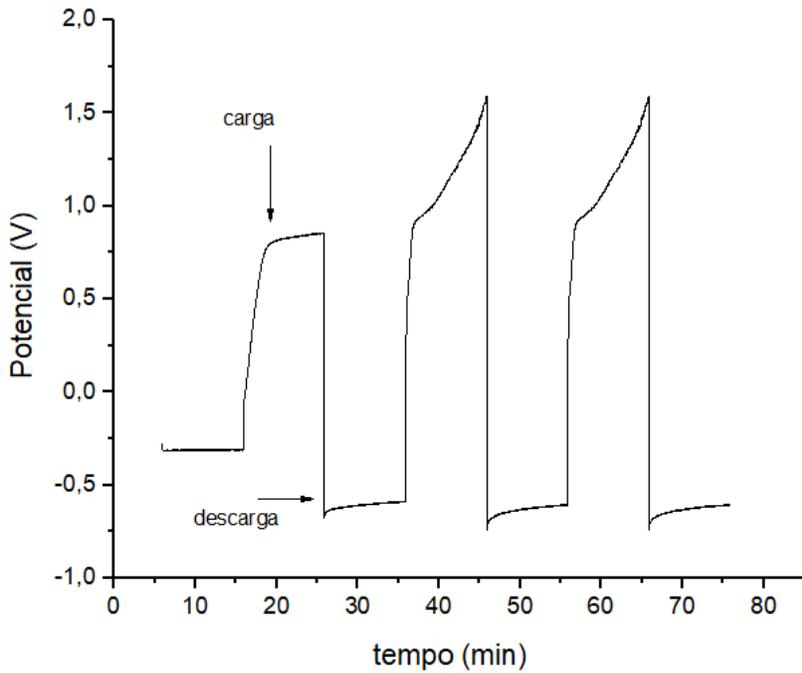


Figura 5. Curva de carga e descarga para ânodo de alumínio sem nióbio.

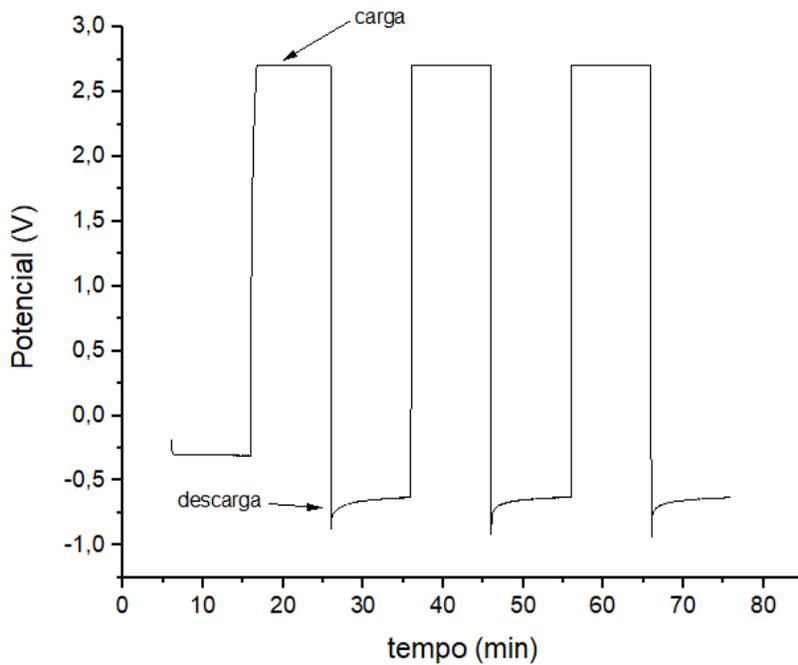


Figura 6. Curva de carga e descarga para ânodo de alumínio contendo 5% (m/m) de  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ .

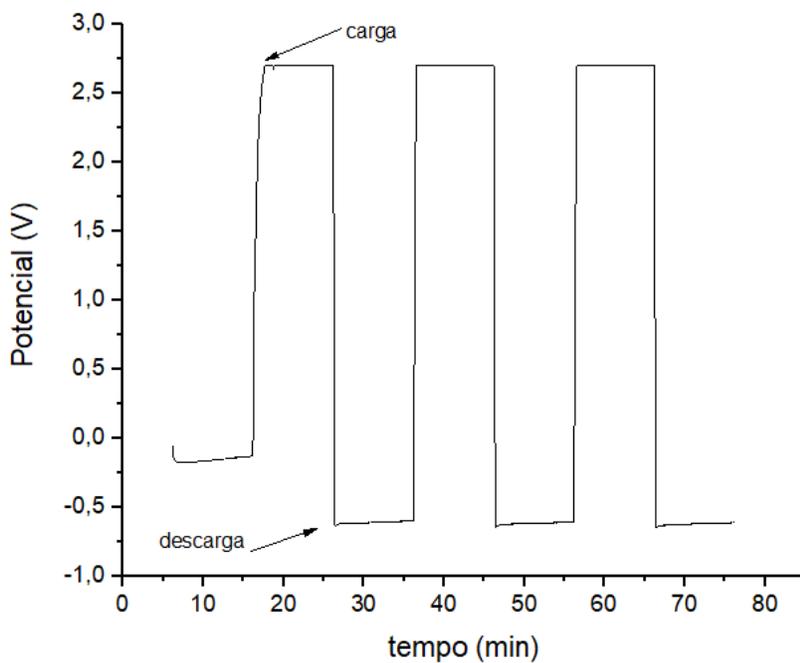


Figura 7. Curva de carga e descarga para ânodo de alumínio contendo 10% (m/m) de  $Nb_2O_5$ .

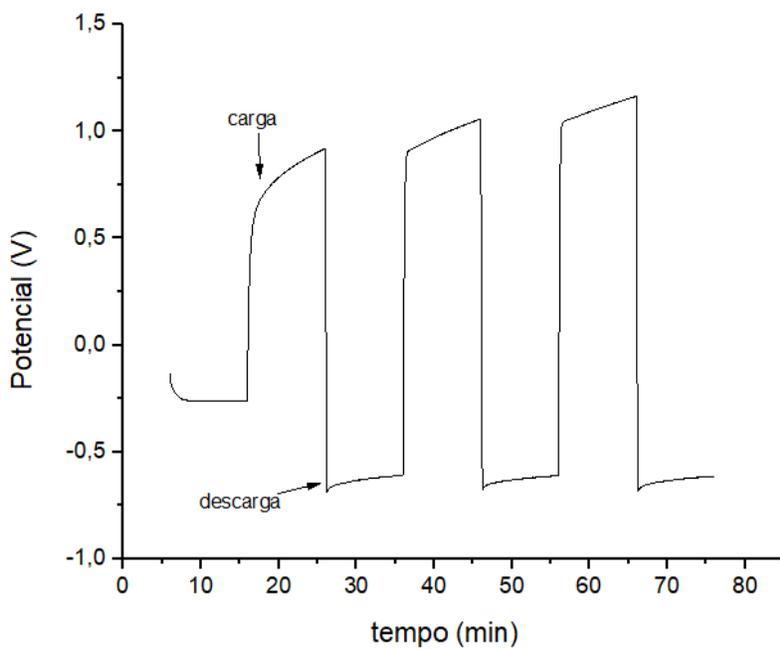


Figura 8. Curva de carga e descarga para ânodo de alumínio contendo 15% (m/m) de  $Nb_2O_5$ .

A figura 6 apresenta a curva carga e descarga para o anodo de alumínio sem nióbio. É possível observar que o anodo mesmo sem a presença do filme apresenta uma possível utilização para baterias, sendo que existe a elevação de potencial a partir de corrente aplicada no determinado tempo de carregamento.

Na figura 7 (5% Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) é possível observar um crescimento no patamar de valores de potencial em relação ao anodo sem a presença do filme de nióbio esse valor chega próximo de 2,7 V. Esse comportamento apresentado se repete para as outras amostras com 10 e 15% de nióbio demonstrando assim, uma melhora e um aumento nos valores de potencial observados nos picos de carregamento do anodo.

É possível observar o que as amostras com diferentes concentrações, apresentam resultados diferentes em relação aos patamares de carregamento do anodo sendo que, os anodos contendo 5 e 10% apresentam os maiores valores de potencial medido. De acordo com as curvas ainda é possível observar que o anodo com 10% apresenta uma melhor estabilidade tanto no processo de carregamento quanto no processo de descarregamento de carga.

## 4 | CONCLUSÕES

Foi possível observar que o anodo de alumínio contendo 10% de nióbio apresenta os melhores resultados em relação ao processo de carga e descarga.

O ânodo contendo 10% de nióbio apresentou maior eficiência com aproximadamente 80% em relação ao anodo sem o filme, comprovando assim a aplicabilidade e a possível utilização do anodo de alumínio contendo nióbio em baterias recarregáveis.

## REFERÊNCIAS

ABAL, Associação Brasileira de Alumínio, 2018, disponível em: <http://www.abal.org.br>. Acesso em 02 de outubro de 2018.

ALVES, G. T., Tratamento de superfície a base de nióbio para o alumínio anodizado com e sem coloração, Tese de doutorado, Universidade Estadual do Centro-oeste, 141 p., 2018.

BAKER, J. New technology and possible advances in energy storage. *Energy Policy*, v. 36, n. 12, p. 4368–4373, 2008.

BOCCHI, N. , FERRACIN L. C. , BIAGGIO, S. R. Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental, *Química Nova na Escola*, n. 11, 2000.

CATTI, M., PINUS, I., RUFFO, R., SALAMONE, M. M., MARI, C. M., A novel layered lithium niobium titanate as battery anode material: Crystal structure and charge-discharge properties, *Solid State Ionics*, v. 295, p. 72-77, 2016.

CHEN, H.; CONG, T. N.; YANG, W.; TAN, C.; LI, Y.; DING, Y. Progress in electrical energy storage system: A critical review. *Progress in Natural Science*, v. 19, n. 3, p. 291–312, 2009.

ECYCLE, Armazenamento de energia é fundamental para que haja “boom” no uso de renováveis no mundo 2017. <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/37/6052-armazenamento-de-energia-permite-transicao-para-uso-total-de-energia-renovaveis.html>.

EVANS, A.; STREZOV, V.; EVANS, T. J. Assessment of utility energy storage options for increased renewable energy penetration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, n. 6, p. 4141–4147, 2012.

FELIU, S. et al. Passivating oxide film and growing characteristics of anodic coatings on aluminium alloys. *Applied Surface Science*, v. 4, n. 9, p. 2755-2762, 2008.

HOLLAND, A., MCKERRACHER, R.D., CRUDEN, A. R. WILLS, G. A. An aluminium battery operating with an aqueous electrolyte, *Journal of Applied Electrochemistry*, v. 48, p. 243-250, 2018.

IEA. Technology Roadmap: Energy storage. *Energy Technology Perspectives*, p. 64, 2014.

JAFFE, S., ADAMSON, K. A. Advanced Batteries for Utility-Scale Energy Storage, Navigant Consulting, Boulder, CO. Acesso em 19 de abril de 2016. <<http://www.navigantresearch.com/research/advanced-batteries-for-utility-scale-energy-storage>>.

KAO, T. e CHANG, Y. Influence of anodization parameters on the volume expansion of anodic aluminum oxide formed in mixed solution of phosphoric and oxalic acids. *Applied Surface Science*, v. 288, p. 654-659, 2014.

LI, Q., BJERRUM, N. J., Aluminium as anode for energy storage and conversion: a review, *Journal of Power Sources*, v. 110, n. 1, p. 1-10, 2002.

LIMA, J. M. G.; Relatório Técnico 20 – Perfil da mineração do Nióbio, Ministério de minas e energia-MME, Secretaria de geologia, mineração e transformação mineral, 2010.

LIN, M., GONG, M., LU, B., WU, Y., WANG, D., GUAN, M., ANGELL, M., CHEN, C., YANG, J., HWANG, B., DAI H., An ultrafast rechargeable aluminium-ion battery, *Nature Physics*, v. 520, p. 324–328, 2015.

LIU, M., YAN, C., ZHANG, Y., Fabrication of Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Nanosheets for High-rate Lithium Ion Storage Applications, *Scientific Reports*, v. 5, n. 8326, 2015.

LOPES, O. F., MENDONÇA, V. R., SILVA, F. B. F., PARIS, E. C., RIBEIRO, C., Óxidos de nióbio: uma visão sobre a síntese do Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e sua aplicação em fotocatalise heterogênea, *Química Nova*, v. 38, n. 1, p. 106-117, 2015.

LUND, P. D.; LINDGREN, J.; MIKKOLA, J.; SALPAKARI, J. Review of energy system flexibility measures to enable high levels of variable renewable electricity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 45, p. 785–807, 2015.

MUÑOZ-TORRERO, D., LEUNG, P., GARCÍA-QUISMONDO, E., VENTOSA, E., ANDERSON, M., PALMA, P., MARCILLA, R. Investigation of different anode materials for aluminium rechargeable batteries, *Journal of Power Sources*, v. 374, p. 77-83, 2018.

POONPUN, P.; JEWELL, W. Analysis of the cost per kWh to store electricity. 2008 IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, v. 23, n. 2, p. 529–534, 2008.

SANTOS, A. KUMERIA, T. LOSIC, D. Nanoporous anodic aluminum oxide for chemical sensing and biosensors. Trends in Analytical Chemistry. v. 44, p. 25-38, 2013.

SANTOS, L. G. M. Estratégias de Armazenamento de Energia Elétrica e uma Análise de Viabilidade Econômica da Adoção de Baterias para Gerenciamento pelo Lado da Demanda, Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, 135 p. 2018.

SCHILL, W. P.; ZERRAHN, A.; KUNZ, F. Prosumage of Solar Electricity: Pros, Cons, and the System Perspective. v. 6, n. 1, p. 36, 2017.

SILVA, G. O.; HENDRICK, P. Photovoltaic self-sufficiency of Belgian households using lithium-ion batteries, and its impact on the grid. Applied Energy, v. 195, p. 786–799, 2017.

SILVA JR, A. F. DA E CAMPO, M.F. Recentes avanços e tendências em novos materiais para energia renovável, Holos, n. 32, v. 08, p. 47-60, 2016.

STĘPNIOWSKI, W. J. et al. Anodization of cold deformed technical purity aluminum (AA1050) in oxalic acid. Surface & Coatings Technology, n. 258, p. 268–274, 2014.

TOLOSA, A., FLEISCHMANN, S., GROBELSEK, I., QUADE, A., LIM, E., PRESSER, V. ChemSusChem, v. 11, p. 159, 2018.

USUI, H., DOMI, Y., SHIMIZU, M., IMOTO, A., YAMAGUCHI, K., SAKAGUCHI, H., Niobium-doped titanium oxide anode and ionic liquid electrolyte for a safe sodium-ion battery, Journal of Power Sources, v. 329, 2016.

VAZQUEZ, S.; LUKIC, S. M.; GALVAN, E.; FRANQUELO, L. G.; CARRASCO, J. M. Energy Storage Systems for Transport and Grid Applications. IEEE Transactions on Industrial Electronics, v. 57, n. 12, p. 3881–3895, 2010.

WANG, J., SUN, X., Olivine LiFePO<sub>4</sub>: The remaining challenges for future energy storage, Energy Environmental Science, v.8, p. 1110-1138, 2015.

ZARPELON, L. M. C., Estudo das características eletroquímicas e microestruturais de eletrodos de hidreto metálico à base de LaNi com adições de elementos de liga. Tese de Doutorado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 143 p, 2016.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**FRANCISCO ODÉCIO SALES** - Bacharel em Matemática pela Universidade Federal do Ceará (2008) onde foi monitor de Cálculo Diferencial e Integral (2005) e bolsista de Iniciação Científica (PIBIC) financiado pelo CNPq (2005-2008) desenvolvendo pesquisa na área de Geometria Diferencial, com ênfase em Superfícies Mínimas e Equações Diferenciais Aplicadas. Licenciado Pleno em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (2009). Especialista em Ensino de Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (2015). Mestre em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (2019). Especialista em Docência na Educação Profissional, Científica e tecnológica pelo Instituto Federal do Ceará (2020). Foi professor da rede pública estadual do Ceará entre 2009 e 2019, atuando no magistério do ensino fundamental e médio. Atuou entre 2013 e 2016 como Assessor Pedagógico na Secretaria de Educação do Ceará (SEDUC/CE) onde coordenou projetos relacionados a educação Financeira, Educação Fiscal, Educação Científica e Formação de Professores. Representou o Ceará nas reuniões iniciais para implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) na área de Matemática. Professor tutor da Universidade Aberta do Brasil (UAB/IFCE) desde de 2010 atuando na Licenciatura Plena em Matemática. Atualmente é Professor de Educação Básica, técnica e tecnológica (EBTT) do Instituto Federal do Ceará (IFCE) atuando nas licenciaturas em Matemática e Física. Tem experiência na área de Matemática, com ênfase em Geometria Diferencial. Coordena o Polo Olímpico de Treinamento Intensivo (POTI) de Crateús e o Projeto de Intervenção em Matemática (PIM). Atua nas seguintes frentes de pesquisa: Superfícies Mínimas, Geometria não euclidiana, Olimpíadas de Matemática e Equações Diferenciais Aplicadas. É membro do Laboratório de Ensino de Ciências Naturais, Matemática e Música (IFCE Campus Crateús), do Grupo de Pesquisa em Matemática e Educação Matemática do IFCE e Professor Coordenador do Grupo de Pesquisa e Estudos em Ensino de Matemática do Ceará - GEPEMAC (em reconhecimento pelo CNPq). Orientador de Graduação e pós graduação (Monografia e TCC). Membro do corpo editorial das editoras Atena, DINCE e InVivo e da Revista Clube dos Matemáticos. Autor de livros na área de Matemática e Educação.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abordagem Gamma-Gamma 162, 163, 166

Ácido Salicílico 173, 174, 175, 177, 179, 181, 183

Alquilação 173, 174, 177, 181

Artemia salina 173, 174, 176, 178, 182

Astrofísica 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

### C

Capsicum spp 68, 69, 96, 97, 98

Caracterização Físico-Química 212, 227

Componentes Eletrônicos 22, 27, 28, 29, 34

Contaminação 49, 53, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 88, 89, 90, 91, 92, 115, 143, 213, 217

### D

Dependência Espacial 99, 103, 106

Drenagem Urbana 150, 161

Dynamic Probing Light 107, 108, 110

### E

Efluente 49, 59, 66

Eletrodo de Grafite 125, 128, 129, 130, 131

Eletrólise 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 133

Energia Solar 196, 198, 199, 201, 207, 209, 276

Ensino de Matemática 235, 286

Equilíbrio Líquido-Líquido 162, 164, 165

### F

Físico-Química 125, 127, 133, 211, 212, 213, 227

Fitólitos 134, 135, 136, 137, 139, 140, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148

Funções Vetoriais 235, 236, 247, 249

### G

Geogebra 235, 236, 237, 241, 242, 243, 244, 247, 248, 249

Geografia 45, 134, 147, 184, 185, 186, 187, 192, 194

Geoprocessamento 115, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 199

GNV 15, 16, 18, 20, 21

Grupos Ecológicos 115, 116, 117, 121

## **I**

Impermeabilização 150, 153, 158, 159

Inclusão 20, 36, 40, 80, 250, 262

Induction Time 264

Investigação do Subsolo 107, 108, 111

## **K**

Krigagem 99, 100, 101, 104, 105

## **L**

Laser Superficial Refusão 1

Libras 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262

Luehea Divaricata 263, 264, 265, 267, 273

## **M**

Metais Pesados 49, 52, 67, 70, 71, 72, 81, 87, 127

Metrologia 15, 16, 17

Microdureza 1

Microestrutura 1

## **N**

Natural Antioxidants 264, 271, 273

## **P**

Produção Sustentável 68

Pterodon Emarginatus 263, 264, 265, 267, 272

## **Q**

Qualidade Microbiológica 211, 212, 213, 214, 224, 225, 226, 227

Queijo Artesanal 212

Química 21, 42, 48, 51, 66, 67, 70, 76, 88, 125, 126, 127, 128, 130, 132, 133, 162, 172, 173, 174, 182, 211, 212, 213, 227, 250, 251, 252, 253, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 272, 273, 275, 283, 284

Química Sintética 173, 174

## **R**

Radiografia de Alta Resolução 22, 28

Rayos-X 34

## **S**

Segurança Alimentar 68, 80, 82, 95, 212, 213

Semivariograma 99, 103, 104, 105

Sensoriamento Remoto 187, 195, 196, 197, 198

Sequência de Fibonacci 228, 229, 230, 231, 233, 234

Sinalário 250, 252, 253, 254, 255, 256, 259, 260

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) 196, 197

SRTM 196, 197, 202, 203

Standard Penetration Test 107, 108, 109

## **T**

Tabela Periódica 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261

Tablillas Electrónicas 22

Técnicas de Extração 134

Tomografia Computarizada 22, 25, 26, 27, 31, 34

## **U**

Uniquac 162, 163, 166, 169, 170, 171

# Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

## 3

[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) 

# Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

## 3

[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) 